



POSGRADOS

Maestría en

**ELECTRICIDAD, MENCIÓN
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

RPC-SO-30-NO.508-2019

Opción de Titulación:
PROYECTOS DE DESARROLLO

Tema:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO
PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE UN
GENERADOR SÍNCRONO DE POLOS SALIENTES DE
EJE VERTICAL POR EL MÉTODO CALORIMÉTRICO
PARA UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.

Autor(es)
ROBERTO CARLOS GUERRERO OCHOA

Director:
JOSÉ MANUEL ALLER CASTRO

CUENCA – Ecuador
2024

Autor:



Roberto Carlos Guerrero Ochoa
Ingeniero Electrónico
Magister en Gestión de Proyectos
Candidato a Magíster en Electricidad, Mención en Sistemas
Eléctricos de Potencia
Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca
rguerrero@est.ups.edu.ec

Director:



José Manuel Aller Castro
Ingeniero Electricista
Doctor Ingeniero Industrial
(Programa Sistemas de Energía Eléctrica)
jaller@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2024 Universidad Politécnica Salesiana.
CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA
ROBERTO CARLOS GUERRERO OCHOA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO PARA EL
CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE UN GENERADOR SÍNCRONO
DE POLOS SALIENTES DE EJE VERTICAL POR EL MÉTODO CA-
LORIMÉTRICO PARA UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.**

Agradecimientos y Dedicatoria

Agradezco en primer lugar a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de culminar una etapa más de mi formación académica.

A mi esposa Karina, quien ha sido pilar fundamental y apoyo incondicional durante la elaboración del presente trabajo, gracias por estar allí dándome ese empujón muy necesario en los momentos difíciles.

A mi hija Abigail, quien es la motivación principal de mi vida, a ti te dedico este trabajo, para que te sientas orgullosa de tu padre, y sepas que cualquier meta u objetivo se puede lograr en base al esfuerzo.

A mi tutor, Dr José Aller, por compartir sus conocimientos para llegar a la conclusión satisfactoria del presente trabajo de titulación.

Roberto G.

Índice general

1. Introducción	12
1.1. Antecedentes	12
1.2. Justificación	15
1.3. Objetivos	16
1.4. Contribuciones	16
1.5. Organización del manuscrito	16
2. Marco teórico referencial	18
2.1. Principio de funcionamiento del Generador Síncrono	18
2.2. Modelamiento del generador síncrono	20
2.3. Potencia y par eléctrico	22
2.4. Características de vacío y cortocircuito de la máquina síncrona	23
2.4.1. Característica de vacío	24
2.4.2. Característica de cortocircuito	24
2.5. Eficiencia de un generador	26
2.5.1. Pérdidas mecánicas	26
2.5.2. Pérdidas en el núcleo	26
2.5.3. Pérdidas en el cobre	27
2.5.4. Pérdidas adicionales o dispersas	27
2.6. Determinación de la eficiencia	27
3. Metodología	28
3.1. Medición de pérdidas por el método calorimétrico	30
3.1.1. Generalidades	30
3.1.2. Pérdidas dentro de la superficie de referencia	31
3.1.3. Pérdidas fuera de la superficie de referencia	35
3.2. Condiciones estables	35
3.3. Pruebas de ensayo para determinar las pérdidas segregadas	35
3.3.1. Prueba de giro mecánico	36
3.3.2. Prueba de giro en vacío	36
3.3.3. Prueba de cortocircuito	38
3.3.4. Prueba de potencia nominal	39

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	5
4. Instrumentación	40
4.1. Instrumentación para determinación de pérdidas en medios de refrigeración	40
4.1.1. Caudal	40
4.1.2. Temperatura en agua	43
4.2. Instrumentación para determinación de pérdidas por conducción, convección, radiación	44
4.2.1. Velocidad del viento	44
4.2.2. Temperatura de la superficie y el ambiente	45
4.3. Instrumentación para determinación de pérdidas de tipo eléctrico	46
4.3.1. Voltaje	47
4.3.2. Corriente	47
4.3.3. Potencia	47
4.4. Definición de los puntos de medición para la determinación de pérdidas por el método calorimétrico	48
4.4.1. Localización de puntos de medición en los medios de refrigeración	48
4.4.2. Localización de puntos de medición en las superficies	49
5. Algoritmo implementado	52
5.1. Generación de tablas para el ingreso de datos	52
5.2. Algoritmo para el cálculo de pérdidas durante la prueba de giro mecánico	55
5.3. Algoritmo para el cálculo de pérdidas durante la prueba de giro en vacío	57
5.4. Algoritmo para el cálculo de pérdidas durante la prueba de Cortocircuito	60
5.5. Algoritmo para el cálculo de pérdidas durante la prueba de potencia nominal	63
5.6. Algoritmo para el cálculo de la eficiencia mediante pérdidas segregadas usando el método calorimétrico	66
5.7. Interfaz de presentación de resultados	69
6. Análisis de resultados	71
6.1. Ingreso de información	71
6.1.1. Datos adicionales de la prueba de giro mecánico	73
6.1.2. Datos adicionales de la prueba de giro en vacío	74
6.1.3. Datos adicionales de la prueba de cortocircuito	75
6.1.4. Datos adicionales en de la prueba de potencia Nominal	76
6.2. Datos determinados con el algoritmo implementado	79
6.3. Datos determinados en el informe de eficiencia	81
6.4. Comparación de resultados	82
7. Conclusiones y recomendaciones	85

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	6
A. Creación de tablas	89
B. Cálculo de pérdidas en giro mecánico	113
C. Cálculo de pérdidas en vacío	123
D. Cálculo de pérdidas en corto circuito	134
E. Cálculo de pérdidas en el punto nominal	146
F. Cálculo de Eficiencia	158
G. Resultados en POWER BI	164
H. Informe de eficiencia CELEC EP	176

Índice de figuras

1.1. Generación de energía eléctrica discriminada por las diferentes fuentes primarias de energía	13
2.1. Estator marca Harbin 162.3 [MW] Fuente: Autor	18
2.2. Rotor de polos salientes turbina hidráulica marca Harbin 162.3 [MW] Fuente: Autor	19
2.3. Diagrama de la máquina síncrona de polos salientes. Fuente: [13]	20
2.4. Modelo en coordenadas dq0-f de la máquina síncrona. Fuente: [13]	21
2.5. Diagrama Fasorial del generador síncrono. Fuente: [13]	22
2.6. Diagrama esquemático de conexión del generador para la prueba de giro en vacío. Fuente: Autor	24
2.7. Diagrama esquemático de conexión del generador para la prueba de cortocircuito.	25
2.8. Curvas de vacío y cortocircuito del generador síncrono Fuente: IEEE Std 115™-2019 [15]	25
3.1. Métodos preferidos para la determinación de la eficiencia en máquinas grandes Fuente: IEC 60034-2-2 2010 [12]	29
3.2. Disipación del calor del generador. Fuente: Autor	31
3.3. Curvas Para Determinación del Calor Específico. Fuente: IEC 60034-2A [11]	33
3.4. Densidad y Calor específico del agua conforme la temperatura de agua Fuente: IEC 60034-2A [11]	34
4.1. Enfriadores conectados en paralelo Fuente: IEC 60034-2-2 [12].	41
4.2. Enfriadores conectados en serie Fuente: IEC 60034-2-2 [12].	42
4.3. Instalación de caudalímetros para medición de la eficiencia en sitio. Fuente: Autor	42
4.4. Instalación de RTD con termopozo en el intercambiador de calor. Fuente: Autor	44
4.5. Medición de velocidad del viento con anemómetro digital. Fuente: Autor	45

4.6. Instalación de RTD's en la superficie a evaluar y el ambiente. Fuente: Autor	46
4.7. Instrumentación para medición de variables eléctricas. Fuente: Autor	48
4.8. Localización de puntos para la evaluación de pérdidas por fricción y ventilación en los medios de refrigeración. Fuente: Autor	49
4.9. Superficie de referencia para la instalación de sensores RTD. Fuente: [12]	50
4.10. Localización de Puntos para la evaluación de pérdidas por conducción, convección y radiación en la superficie de referencia. Fuente: Autor	51
5.1. Interfaz de ingreso de datos para generación de tablas. Fuente: Autor	53
5.2. Interfaz para el ingreso de datos de superficie de los diferentes puntos a ser evaluados para determinar las pérdidas durante la prueba de giro mecánico. Fuente: Autor	55
5.3. Pérdidas calculadas durante la prueba de giro mecánico. Fuente: Autor	57
5.4. Interfaz para el ingreso de datos para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de giro en vacío. Fuente: Autor	58
5.5. Pérdidas calculadas durante la prueba de giro en vacío. Fuente: Autor	60
5.6. Interfaz para el ingreso de datos para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de cortocircuito. Fuente: Autor	61
5.7. Pérdidas Calculadas durante la prueba de Cortocircuito. Fuente: Autor	63
5.8. Interfaz para el ingreso de datos para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de potencia nominal. Fuente: Autor	64
5.9. Pérdidas calculadas durante la prueba de potencia nominal. Fuente: Autor	66
5.10. Interfaz para el ingreso de valores para el cálculo de la eficiencia de la excitación. Fuente: Autor	67
5.11. Interfaz para el ingreso de parámetros del generador. Fuente: Autor	67
5.12. Presentación en Power BI de pérdidas en los diferentes componentes a potencia nominal. Fuente: Autor	69
5.13. Presentación en Power BI de la eficiencia calculada. Fuente: Autor	70
6.1. Ubicación de puntos de medición en la superficie del generador. Fuente: Informe CELEC EP H	72
6.2. Pérdidas determinadas mediante el algoritmo implementado fuente: Autor	79
6.3. Valores de Eficiencia determinados por el Algoritmo implementado Fuente: Autor	80
6.4. Resumen del cálculo pérdidas durante las pruebas Fuente: Informe de CELEC EP H	81
6.5. Eficiencias Ponderadas Fuente: Informe de CELEC EP H	82

Índice de tablas

1.1. Cantidad de Generadores de la CELEC EP	13
5.1. Hojas de cálculo correspondientes a cada prueba Fuente:Autor . . .	55
6.1. Instrumentos Utilizados para la Determinación de Pérdidas Disipadas en la Superficie. Fuente: Autor	73
6.2. Instrumentos Utilizados para la Determinación de Pérdidas Disipadas en los medios de refrigeración. Fuente: Autor	73
6.3. Datos de la superficie del recinto del Generador. Fuente: Autor . .	74
6.4. Parámetros de las escobillas. Fuente: Autor	74
6.5. Parámetros del generador. Fuente: Autor	75
6.6. Datos del Rotor Durante la Prueba de Cortocircuito. Fuente: Autor	75
6.7. Datos del estator durante la prueba de cortocircuito fase A. Fuente: Autor	76
6.8. Datos del estator durante la prueba de cortocircuito fase B. Fuente: Autor	76
6.9. Datos del estator durante la prueba de cortocircuito fase C. Fuente: Autor	76
6.10. Datos del rotor durante la prueba de potencia nominal. Fuente: Autor	77
6.11. Datos del estator durante la prueba de potencia nominal fase A. Fuente: Autor	77
6.12. Datos del estator durante la prueba de potencia nominal fase B. Fuente: Autor	77
6.13. Datos del estator durante la prueba de potencia nominal fase C. Fuente: Autor	78
6.14. Temperatura del Rotor para las distintas pruebas. Fuente: Autor .	79
6.15. Variación Porcentual de Pérdidas en los diferentes Componentes del Generador Fuente: Autor	82
6.16. Variación Porcentual de Eficiencia Fuente: Autor	84

Resumen

La demanda de energía eléctrica en el Ecuador ha venido en continuo incremento a partir del presente milenio, razón por la cual se ha invertido en proyectos de generación eléctrica que permitan suplir esta demanda; al ser Ecuador uno de los países hidrográficamente más aventajados, es de suponer que se utilice este recurso natural para la generación de energía eléctrica.

Conforme han ido ingresando los diferentes proyectos de generación hidroeléctrica, se ha ido aumentando de igual manera la cantidad de generadores síncronos al Sistema Eléctrico de Potencia del Ecuador. Estos generadores con el paso de tiempo irán bajando su eficiencia, provocando pérdidas económicas considerables a los propietarios. Evaluar este valor en los generadores instalados de manera directa no es fácil, debido al tamaño de los generadores y los diferentes acoples que deberían hacerse para su evaluación.

El presente trabajo de titulación expone el desarrollo de un algoritmo para la determinación de la eficiencia mediante un método indirecto de medición basado en el estándar IEC 60034-2A, complementado con los estándares IEC 60034-2-1:2007 y IEC 60034-2-2:2010 el cual se fundamenta en el principio de que todas las pérdidas del generador se disipan en forma de calor, bien sea en los medios de refrigeración o en las superficies circundantes.

Se detalla también en el presente trabajo la metodología utilizada para el desarrollo e implementación del algoritmo, así como la instrumentación necesaria para medición de las diferentes variables necesarias para que el algoritmo determine la eficiencia.

Para finalizar, se desarrolla una evaluación del algoritmo implementado, realizando una comparación entre los resultados obtenidos de un informe de la eficiencia de un generador instalado, y los datos calculados mediante el algoritmo desarrollado para determinar el rendimiento del mismo.

Abstract

The demand for electrical energy in Ecuador has been steadily increasing since the beginning of the new millennium. As a result, investments have been made in electricity generation projects to meet this demand. Given that Ecuador is one of the countries with abundant water resources, it is natural to utilize this renewable resource for electricity generation.

As different hydroelectric generation projects have been introduced, the number of synchronous generators connected to the Ecuadorian Power System has also increased. Over time, these generators will experience a decrease in efficiency, leading to significant economic losses for their owners. Evaluating the efficiency of these large generators directly is challenging due to their size and the various couplings involved in the evaluation process.

This thesis presents the development of an algorithm for determining generator efficiency using an indirect measurement method based on the IEC 60034-2A standard, supplemented by the IEC 60034-2-1:2007 and IEC 60034-2-2:2010 standards. The algorithm is based on the principle that all generator losses are dissipated as heat, either in the cooling systems or in the surrounding surfaces.

The methodology used for the development and implementation of the algorithm is described in detail, along with the necessary instrumentation for measuring the different variables required for the algorithm to determine efficiency.

Finally, an evaluation of the implemented algorithm is conducted by comparing the results obtained from an installed generator efficiency report with the data calculated using the developed algorithm to determine its performance.

Capítulo 1

Introducción

Este capítulo describe los antecedentes, objetivos, justificación y necesidades que sirvieron como fundamento para el diseño e implementación de un algoritmo para el cálculo de la eficiencia de un generador síncrono de polos salientes de eje vertical por el método calorimétrico, para una central hidroeléctrica. Inicialmente se describe los antecedentes que justifican esta investigación, así como los lineamientos utilizados durante el desarrollo de esta investigación.

1.1. Antecedentes

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía [1], la generación de electricidad mediante la hidro-generación ocupa el tercer puesto en el *ranking* de fuentes de energía, desplazada únicamente por la proveniente del carbón y del gas natural con una producción anual de 4.328.966 GWh, lo cual destaca la gran importancia de esta fuente primaria para el mundo. En Ecuador esta dependencia de la hidro energía es aún más evidente debido a que según la IEA [2], esta fuente de energía es la primera, muy distante de la que está en segundo lugar, representada por los combustibles fósiles, reportándose hasta el año 2020 una producción anual de 24.324 GWh de hidro-energía frente a los 5.062 GWh de la proveniente de estos combustibles no renovables.

Si bien la generación de energía eléctrica en el Ecuador actualmente depende principalmente de la hidro-generación, este escenario no era así tan solo hace una década atrás. Pasaron décadas antes de que se construyeran proyectos energéticos en el país y mucho menos proyectos hidroeléctricos de gran importancia. Las políticas gubernamentales de inversión en el sector eléctrico permitieron aumentar la potencia instalada de este recurso y es así como desde el año 2010 la producción de energía hidroeléctrica ha aumentado de manera sostenida, tal como se puede evidenciar en la Fig. 1.1.

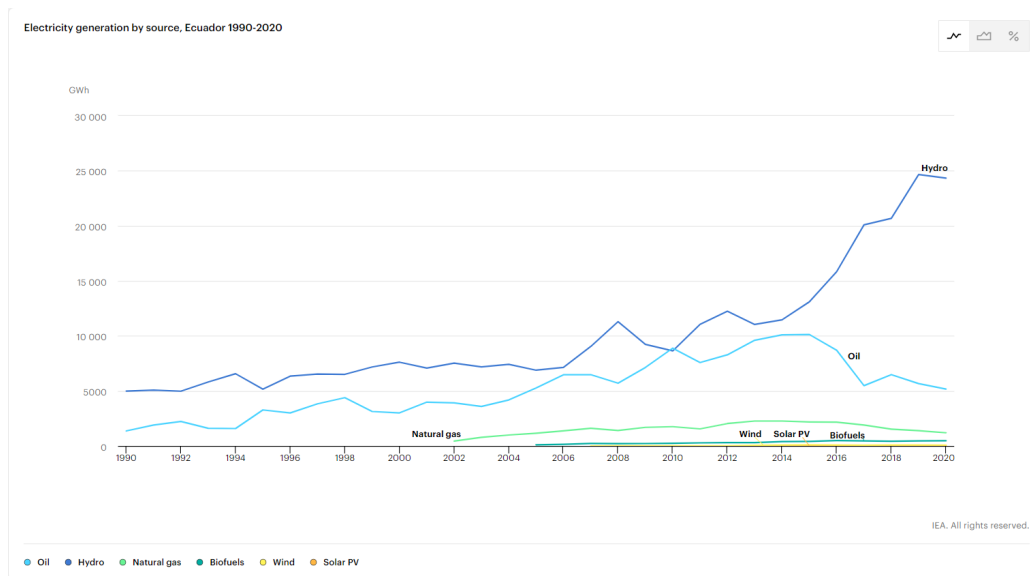


Figura 1.1: Generación de energía eléctrica discriminada por las diferentes fuentes primarias de energía

Este aumento sostenido en la potencia instalada ha significado que se construyan nuevas centrales de generación, aumentando de esta forma la cantidad de generadores síncronos del país. Según datos de la Corporación Eléctrica del Ecuador [3], solo en esta entidad gubernamental se dispone de 48 generadores síncronos de polos salientes con una potencia instalada total de 4628.4 MW, tal como se destaca en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Cantidad de Generadores de la CELEC EP

Unidad de negocio	Central	Unidades	Pot. Uni. [MW]	Pot. Cen. [MW]
Hidro Agoyán	Agoyán	2	80	160
	Pucará	2	35	70
	San Francisco	2	113	113
Hidrotoapi	Sarapullo	3	16.3	49
	Alluriquín	3	68	204
Hidronación	Marcel Laniado	3	71	213
	Baba	2	21	42
Gensur	Delsitanisagüa	3	60	180
Coca Codo Sinclair	Coca Codo	8	187.5	1500
	Manduriacu	2	32.5	70.4
Celectsur	Mazar	2	85	170
	Molino	10	110	1100
	Sopladora	3	162.3	487
	Mínas San Francisco	3	90	270
Total		48		4628.4

Con cada vez más proyectos hidroeléctricos por construirse, según el Plan Maestro de Electricidad [4], que se sumarán en los próximos años a la cantidad de generadores actualmente instalados, es de suma importancia prestar atención a un parámetro fundamental para las prestaciones de una central de generación como es la eficiencia de las unidades de acuerdo con lo citado por Soares & Salmazo (1997) [5]. En países como Brasil, con una capacidad instalada de hidro-energía muy superior a Ecuador, de aproximadamente 396.327 GWh [6], se presta especial atención a este parámetro de las unidades de generación, dado el alto costo económico que se podría suscitar cuando la eficiencia esté por debajo de los valores especificados por el fabricante. Según Hidalgo [7], las pérdidas de eficiencia podrían ocurrir en la turbina, en el generador o en la tubería forzada. En la turbina, las pérdidas más significativas podrían deberse al desgaste o cavitaciones del rodete. En el generador, las pérdidas más importantes se ocasionan por desgastes mecánicos propios del paso del tiempo o fallas en el aislamiento de las bobinas. En la tubería forzada, las pérdidas podrían deberse principalmente a desprendimientos que puedan afectar el coeficiente de fricción de esta. En el mismo estudio se hace un cálculo aproximado de la pérdida económica al reducirse la eficiencia de una planta de generación (1000 MW) en un 0.5 % llegando a un costo anual de 1,251.428.57 US\$, considerando la tarifa local. Aplicando el mismo ejemplo con la tarifa de Ecuador y utilizando como referencia la Central Hidroeléctrica Molino, perteneciente a la Unidad de Negocio CELECSUR, una reducción del 0.5 % en la eficiencia de la planta, con un precio de \$ 20 el MWh (Según el INFORME N°. DRETSE-2020-015 de la ARCERNR), ocasionaría una pérdida anual de al menos \$ 103,683.36 ; esto con un factor de planta de 0.538, registrado en el 2020 según el Informe Anual del CENACE en su informe estadístico del 2020.

Tal como se puede evidenciar en el argumento anterior, la eficiencia de las unidades de generación representa un valor muy importante, no solo desde el punto de vista técnico, sino también desde lo económico, que según las políticas empresariales podría definirse como factor determinante en la toma de decisiones [8].

De igual forma, la medición de los valores de la eficiencia, no solo son una herramienta importante para evaluar parámetros técnicos o financieros de una central de generación, sino que también permitirán verificar la eficiencia del proceso de transformación de la energía, con la finalidad de cumplir con las nuevas normativas que serán implementadas a partir del 2025, tal como expresa el reglamento a la Ley Orgánica de Eficiencia Energética en su Artículo 18, “Los grandes consumidores de energía comerciales, industriales y públicas implementarán la Norma Ecuatoriana de Gestión de Energía (NTE-ENEN-ISO: 50001) en sus operaciones. A partir del 30 de enero del 2025 deberán enviar su certificación al Sistema Nacional de Eficiencia Energética” [9].

Si bien se ha demostrado la importancia de la medición de la eficiencia en los

procesos de generación, este no es un parámetro fácil de determinar o calcular. Generalmente estos parámetros vienen incluidos como datos técnicos del generador en pruebas realizadas en modelos reducidos en fábrica, los cuales no siempre reflejan con exactitud las condiciones de la planta luego de la instalación. O a su vez, este valor de eficiencia es medido una sola vez durante la puesta en marcha de la central, debido a temas contractuales en la mayoría de los casos.

A lo largo de los años se ha venido trabajando en diversos métodos para medir la eficiencia de los generadores síncronos. En el estándar IEC 60034-2-1 [10], se describen cada uno de ellos con sus particularidades. Uno de estos métodos utilizados para medir la eficiencia es el calorimétrico, en el cual las pérdidas se deducen del calor desprendido por las unidades durante su operación. Estas pérdidas se calculan mediante la diferencia de temperaturas de la salida e ingreso del agua de enfriamiento y también con la radiación emitida por la máquina a las superficies que la rodean.

La metodología para el cálculo de la eficiencia de un generador por el método calorimétrico ha sido ya establecida en el estándar IEC 60034-2A [11]. En este estándar se detallan todos los aspectos necesarios para el cálculo de la eficiencia, con énfasis especial en los generadores síncronos grandes.

Como se pudo analizar en los párrafos anteriores, la medición de la eficiencia de los generadores del parque hidroeléctrico ecuatoriano, dada su gran potencia instalada es fundamental desde el punto de vista técnico, económico y normativo. Por lo tanto, es necesario establecer las metodologías y desarrollar herramientas acordes a las necesidades particulares del Ecuador para la obtención de este parámetro en los generador síncronos instalados.

1.2. Justificación

El parque hidroeléctrico del Ecuador ha ido creciendo de manera acelerada en los últimos años y con ello está aumentando de igual manera la cantidad de generadores síncronos en el Sistema Eléctrico de Potencia. Dadas las nuevas normativas de eficiencia energética y debido a la importancia técnico-económica de la evaluación periódica de la eficiencia de las máquinas síncronas, es necesario establecer una metodología y una herramienta acorde a las necesidades del país que permita al personal de las centrales de generación evaluar de una manera sencilla este parámetro del generador. Por esta razón se plantea diseñar e implementar un algoritmo para el cálculo de la eficiencia de un generador síncrono de polos salientes de eje vertical mediante la determinación de pérdidas utilizando el estándar IEC 60034-2A [11].

1.3. Objetivos

Objetivo general

- Diseñar e implementar un algoritmo y un programa para el cálculo de la eficiencia de generadores sincrónicos de polos salientes de eje vertical utilizando métodos calorimétricos.

Objetivos Específicos:

- OE1: Detallar la metodología para la medición de la eficiencia mediante el método calorimétrico de un generador síncrono de polos salientes de eje vertical usando el estándar IEC 60034-2A [11].
- OE2: Determinar la instrumentación requerida para las mediciones de los diferentes parámetros durante la determinación de la eficiencia del generador síncrono de polos salientes con el método calorimétrico
- OE3: Diseñar e implementar un programa que permita evaluar la eficiencia del generador síncrono de polos salientes, mediante el método calorimétrico, utilizando la información recolectada en las pruebas de eficiencia del generador.

1.4. Contribuciones

La principal contribución de este trabajo de titulación será la de ofrecer una herramienta que permita determinar la eficiencia de generadores sincrónicos de polos salientes de eje vertical utilizando el método calorimétrico. Esta herramienta será escalable a cualquier tamaño de generador, permitiendo ingresar valores de una manera directa y simple, sin que el usuario final tenga que realizar cálculos posteriores.

También se detalla de manera clara y concisa la metodología utilizada para la implementación del algoritmo que determina la eficiencia utilizando el método calorimétrico.

Adicionalmente, se describe la instrumentación y equipamiento mínimo a utilizarse para la medición de las diferentes variables durante los ensayos de eficiencia.

1.5. Organización del manuscrito

El trabajo se ha organizado de la siguiente manera:

El **Capítulo 1** describe los antecedentes, justificación y objetivos del presente trabajo.

El **Capítulo 2** contiene el marco teórico en los que se fundamenta la metodología para la determinación de la eficiencia mediante el método calorimétrico conforme el estándar IEC 60034-2A [11].

El **Capítulo 3** presenta una descripción detallada de la metodología utilizada según el estándar IEC 60034-2A [11] para la determinación de la eficiencia mediante el método calorimétrico conjuntamente con el estándar IEC 60034-2-1:2007 [10] y el estándar IEC 60034-2-2:2010 [12] para la determinación de la eficiencia mediante el método indirecto de pérdidas segregadas.

El **Capítulo 4** detalla la instrumentación y equipos necesarios para la medición de las diferentes variables durante la determinación de la eficiencia del generador.

En el **Capítulo 5** se presenta una descripción del algoritmo implementado para la determinación del cálculo de la eficiencia .

El **Capítulo 6** presenta la discusión entre los valores de eficiencia determinados mediante el algoritmo desarrollado en el presente trabajo de titulación comparados con los valores presentados por una empresa certificada para la determinación de la eficiencia.

Para finalizar, en el **Capítulo 7** a partir de los resultados obtenidos en el capítulo 5 y 6, se establecen las conclusiones más relevantes del algoritmo diseñado e implementado.

Capítulo 2

Marco teórico referencial

2.1. Principio de funcionamiento del Generador Síncrono

En el estator Figura 2.1, parte fija de la máquina, circula corriente alterna a través de sus bobinas. Esta corriente genera un campo magnético rotatorio en el espacio entre el estator y el rotor (conocido como el entrehierro). Por otro lado, el rotor Figura 2.2, la parte giratoria, se excita con una corriente continua que produce un campo magnético [13].

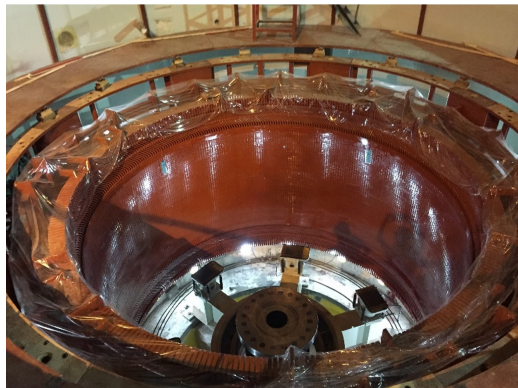


Figura 2.1: Estator marca Harbin 162.3 [MW] Fuente: Autor



Figura 2.2: Rotor de polos salientes turbina hidráulica marca Harbin 162.3 [MW] Fuente: Autor

Para que la máquina opere de manera eficiente, el rotor debe girar exactamente a la misma velocidad angular que el campo magnético rotatorio generado por el estator. Si las velocidades angulares del rotor y del campo magnético del estator no coinciden, el par eléctrico medio (la fuerza de rotación) se anula, lo que resulta en un funcionamiento ineficiente o incluso en la detención de la máquina [13].

Cuando el rotor y el campo magnético rotatorio del estator están sincronizados, se produce un par eléctrico efectivo. Este par es esencial para la conversión electromecánica de energía, el proceso central de la máquina síncrona [13], [14]. Para que el par medio de la máquina no sea nulo, se debe cumplir la expresión 2.1.

$$\omega_e = p \cdot \omega_m, \quad (2.1)$$

donde:

p es el número de polos de la máquina síncrona.

El diagrama de la máquina síncrona se puede evidenciar en la figura 2.3.

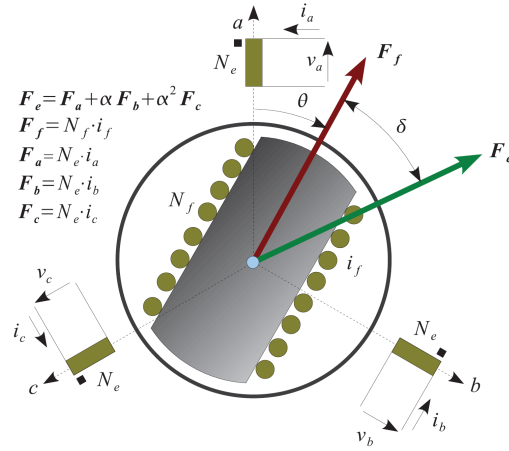


Figura 2.3: Diagrama de la máquina síncrona de polos salientes. Fuente: [13]

La magnitud del par de la máquina síncrona viene dada por la ecuación 2.2.

$$T_e = k \cdot F_r F_e \sin \delta, \quad (2.2)$$

donde:

k es una constante de proporcionalidad que depende de la geometría de la máquina y la disposición física de las bobinas

F_e es la amplitud de la distribución sinusoidal de la fuerza magnetomotriz del estator

F_r es la amplitud de la distribución sinusoidal de la fuerza magnetomotriz del rotor

δ es el ángulo entre las amplitudes de las dos fuerzas magnetomotrices, conocido generalmente como ángulo de potencia

2.2. Modelamiento del generador síncrono

La máquina síncrona se representa en un modelo físico utilizando el sistema de coordenadas $dq0 - f$. Este sistema de coordenadas ayuda a simplificar y aclarar el análisis de los flujos de corriente y las fuerzas electromotrices en la máquina [13].

Para el caso particular del generador síncrono de polos salientes el sistema $dq0 - f$ se compone de dos ejes principales: d (directo) y q (de cuadratura), además de un tercer eje 0 (cero) y un eje de campo f .

- El eje d está alineado con el campo magnético del rotor. Las cantidades en este eje representan aquellas que están en fase con el campo del rotor.

- El eje q es perpendicular al eje d y representa las cantidades que están en cuadratura (90 grados fuera de fase) con el campo del rotor.
- El eje 0 se relaciona con las corrientes de secuencia cero, que son relevantes en ciertas condiciones de desequilibrio y en la caracterización de las pérdidas y fuerzas electromotrices en las máquinas.
- El eje f se asocia con el campo generado por la corriente en la bobina del rotor.

Las ecuaciones que describen el comportamiento de la máquina en este sistema de coordenadas toman en cuenta la interacción entre los campos magnéticos del estator y el rotor, permitiendo un análisis más detallado de fenómenos como la generación de par eléctrico y las pérdidas en la máquina. En la Figura 2.4 se presenta el modelo de la máquina síncrona en coordenadas $dq0 - f$.

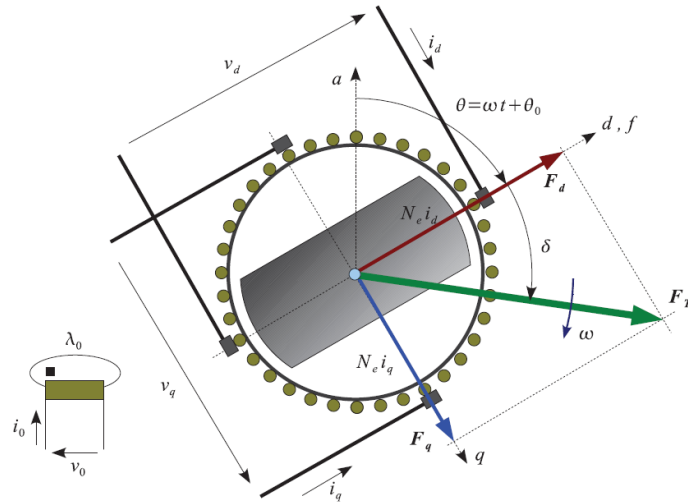


Figura 2.4: Modelo en coordenadas $dq0-f$ de la máquina síncrona. Fuente: [13]

Ahora, una vez establecido el modelo de coordenadas $dq0 - f$ es posible representar el diagrama fasorial del generador síncrono, en donde el voltaje en los terminales del generador viene dado por la ecuación 2.3.

$$V_e = E_f - R_e I_e - jX_d I_d - jX_q I_q, \quad (2.3)$$

donde:

V_e voltaje en los terminales del generador

E_f es la f.e.m producida por el campo

En régimen permanente equilibrado la corriente y la tensión de secuencia son nulas. En este caso la ecuación de potencia viene definida por la ecuación 2.6.

$$P_e(t) = v_d i_d + v_q i_q = \sqrt{3}V_d\sqrt{3}I_d + \sqrt{3}V_q\sqrt{3}I_q = 3(V_d I_d + V_q I_q) \quad (2.6)$$

Si depreciamos la caída de tensión en la resistencia del estator, tomando como referencia la figura 2.5 se deducen las relaciones expresadas en las ecuaciones 2.7, 2.8, 2.9, 2.10.

$$V_e \cos \delta + X_d I_d = E_f \rightarrow I_d = \frac{E_f - V_e \cos \delta}{X_d} \quad (2.7)$$

$$V_e \sin \delta = X_q I_q \rightarrow I_q = \frac{V_e \sin \delta}{X_q} \quad (2.8)$$

$$V_d = V_e \sin \delta \quad (2.9)$$

$$V_q = V_e \cos \delta \quad (2.10)$$

Si se reemplaza las ecuaciones 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10 en la ecuación 2.6 se obtiene como resultado la ecuación 2.11 de la potencia activa del generador síncrono.

$$P_e = 3 \frac{E_f V_e}{X_d} \sin \delta + 3 \frac{X_d - X_q}{2X_d X_q} V_e^2 \sin 2\delta \quad (2.11)$$

La potencia aparente en el estator del generador síncrono viene dada por la ecuación 2.14.

$$S_e = 3V_e I_e = 3(V_d + jV_q)(I_d - jI_q) \quad (2.12)$$

$$S_e = 3[(V_d I_d + V_q I_q) + j(V_q I_d - V_d I_q)] \quad (2.13)$$

$$S_e = P_e + jQ_e, \quad (2.14)$$

donde:

P_e Potencia activa, definida por la ecuación 2.6.

Q_e Potencia reactiva, está definida por la ecuación 2.16.

$$Q_e = 3(V_q I_d - V_d I_q) \quad (2.15)$$

$$Q_e = 3 \frac{E_f V_e}{X_d} \cos \delta - 3 \frac{V_e^2}{X_d X_q} (X_q \cos^2 \delta + X_d \sin^2 \delta) \quad (2.16)$$

2.4. Características de vacío y cortocircuito de la máquina síncrona

En la máquina síncrona es importante conocer la relación de la corriente de excitación con el estator, es por eso que se necesita comprobar cómo interactúan entre sí, esto es importante para conocer el funcionamiento del generador, y como se verá más adelante, estas mismas pruebas servirán para determinar la eficiencia del generador mediante el método calorimétrico por pérdidas segregadas.

2.4.1. Característica de vacío

La característica de la máquina en vacío es la relación entre la corriente de excitación y la tensión en los terminales del generador.

Cuando el generador se encuentra en vacío la corriente en el estator es cero por lo tanto como se mencionó en el apartado de funcionamiento de la máquina en vacío se deduce que:

$$E_o = \text{voltaje en los terminales del generador}$$

$$I_e = 0.$$

El diagrama de conexión de la máquina es como se muestra en la Figura 2.6.

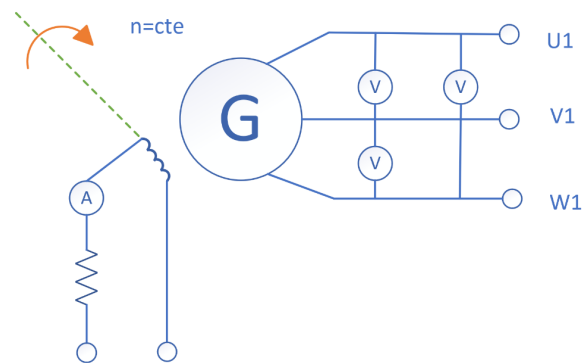


Figura 2.6: Diagrama esquemático de conexión del generador para la prueba de giro en vacío. Fuente: Autor

La curva característica de vacío se muestra en la Figura 2.8, en la misma se evidencia como a medida que el voltaje en los terminales del generador llega a voltaje nominal, la curva sufre un efecto de saturación por la imantación del núcleo, y por más que se aumente la corriente de excitación, el voltaje en los terminales del generador no se eleva en la misma medida.

2.4.2. Característica de cortocircuito

La característica de cortocircuito es la relación entre la corriente estatórica y la corriente de excitación con los bornes cortocircuitados.

Este ensayo se realiza cortocircuitando los bornes del generador, manteniendo la velocidad constante, se varía la corriente de excitación y se efectúan las lecturas de la corriente estatórica, utilizando el circuito de la Figura 2.7.

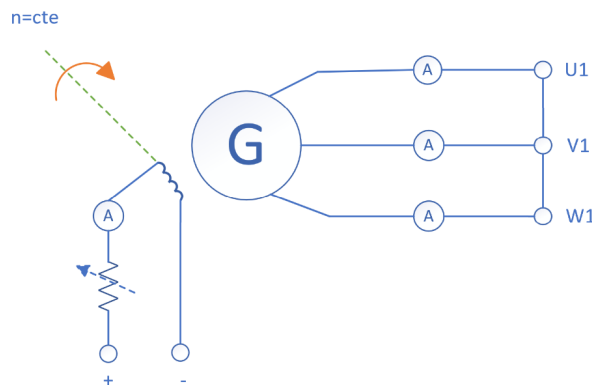


Figura 2.7: Diagrama esquemático de conexión del generador para la prueba de cortocircuito.

La curva característica de este ensayo se evidencia en la Figura 2.8, de ella se deduce que: Dado que la reacción de armadura es netamente desmagnetizante, debido a que la propia reactancia sincrónica de la máquina actúa de única carga, la relación entre ambas corrientes es lineal, ya que el circuito magnético no se satura.

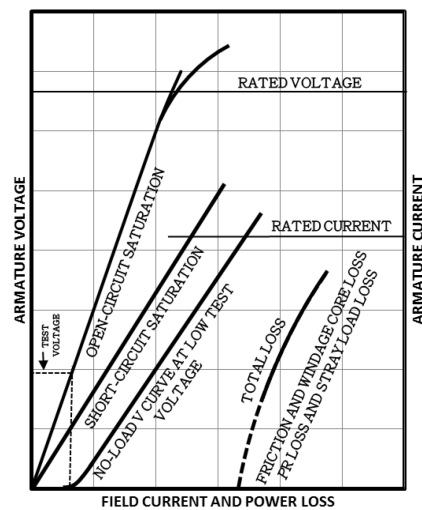


Figura 2.8: Curvas de vacío y cortocircuito del generador síncrono Fuente: IEEE Std 115TM-2019 [15]

2.5. Eficiencia de un generador

Según la IEC 60034-2-1:2007 [10], la eficiencia de un generador se define como la “Relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada expresada en las mismas unidades y generalmente dada como porcentaje”, en máquinas pequeñas, estos valores de potencia de ingreso y salida son fáciles de medir directamente; pero en equipos de gran tamaño, como puede ser un generador síncrono de polos salientes como es el objeto del presente trabajo, es difícil obtener con precisión la potencia mecánica de ingreso de una manera no intrusiva, por lo que es necesario definir otro método de evaluación de la eficiencia; Para este tipo de generadores, el estándar IEEE Std 115-2019 “IEEE Guide for Test Procedures for Synchronous Machines Including Acceptance and Performance Testing and Parameter Determination for Dynamic Analysis” [15], establece que se puede utilizar el método de determinación de la eficiencia mediante segregated losses, o pérdidas segregadas por su traducción en español. Este método consiste como su nombre lo indica en segregar las pérdidas de un generador para de esta manera en función de la suma de estas, determinar la eficiencia total del generador.

Esta segregación se la define también en el estándar IEEE Std 115-2019 y se detalla a continuación:

- Pérdidas Mecánicas
- Pérdidas en el Núcleo
- Pérdidas en el cobre
- Pérdidas Adicionales

El estándar IEC 60034-2-1:2007 agrega además, las pérdidas en el sistema de excitación en esta segregación.

2.5.1. Pérdidas mecánicas

Son debidas a los rozamientos de los cojinetes, a la fricción de las escobillas y a la ventilación (rozamiento con el aire). Estas pérdidas solo existen en las máquinas que disponen de un órgano giratorio. Las pérdidas por rozamiento y fricción son directamente proporcionales a la velocidad, mientras que las pérdidas por ventilación se consideran proporcionales a la tercera potencia de la velocidad. [16]. La ecuación 2.17 expresa lo mencionado.

$$P_m = A \cdot n + B \cdot n^3 \quad (2.17)$$

2.5.2. Pérdidas en el núcleo

Se producen en todos los órganos de las máquinas con recorridos por flujos variables. Se componen a su vez de las pérdidas por histéresis y las pérdidas por

corrientes de Foucault (parásitas) [16]. La ecuación 2.18 define estas relaciones.

$$P_{Fe} = P_H + P_F \quad (2.18)$$

2.5.3. Pérdidas en el cobre

Son consecuencia de la inevitable resistencia que presentan los conductores eléctricos, dando lugar a una pérdida en forma de calor por efecto Joule [16]. Para la evaluación de este tipo de pérdidas se utiliza la ecuación 2.19.

$$P_{Cu} = \sum R_j \cdot I_j^2 \quad (2.19)$$

2.5.4. Pérdidas adicionales o dispersas

Las pérdidas dispersas son aquellas que no se pueden ubicar en ninguna de las categorías anteriores. Sin importar qué tanta precisión se tenga para considerar las pérdidas, siempre hay algunas que se escapan de las categorías anteriores. Todas estas pérdidas se agrupan en las pérdidas dispersas. Convencionalmente, en la mayoría de las máquinas, las pérdidas dispersas se toman como 1 % de la plena carga [17].

2.6. Determinación de la eficiencia

Según la IEC 60034-2-1:2007 [10], para determinar la eficiencia mediante el método de pérdidas segregadas, se utiliza la ecuación 2.20.

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_T}, \quad (2.20)$$

donde:

P_2 es la potencia de salida del generador

P_T son las pérdidas mecánicas + pérdidas en el núcleo + pérdidas en el cobre + pérdidas adicionales

Adicionalmente, el estándar IEC 60034-2-1:2007 agrega a P_T las pérdidas en el sistema de excitación en el caso que la máquina disponga de la opción de auto excitación estática.

Capítulo 3

Metodología

En el capítulo anterior se definieron los diferentes tipos de pérdidas que se presentan en un generador síncrono de polos salientes, los cuales permiten determinar la eficiencia final de la máquina. Es necesario definir el método más adecuado para medir estas pérdidas considerando las particularidades de una máquina de gran potencia, tal como es un generador de una central hidroeléctrica. Según el estándar IEEE Std 115-2019 [15], existen cuatro métodos para medir las pérdidas en máquinas sincrónicas:

Método 1: Impulsión separada La máquina en prueba generalmente es impulsada por un motor, directamente o a través de una correa o engranaje. Para este método es necesario conocer las pérdidas sin carga del motor de impulsión.

Método 2: Entrada eléctrica La máquina se opera como un motor síncrono sin carga desde una fuente de alimentación de voltaje ajustable y frecuencia constante igual a la frecuencia nominal de la máquina en prueba. Se mide la potencia de entrada mediante vatímetros bajo diversas condiciones de voltaje y corriente para obtener las pérdidas.

Método 3: Método de retardación Este método se basa en la relación entre la tasa de desaceleración de una masa rotativa, su peso, radio de giro, y la pérdida de potencia que tiende a desacelerarla. Las pérdidas de la máquina se obtienen de pruebas de retardación bajo condiciones donde la potencia que tiende a desacelerar la máquina es la pérdida a determinar.

Método 4: Método de transferencia de calor Este método puede utilizarse en máquinas con enfriadores de agua en las que el medio de ventilación circula en un sistema cerrado. Se basa en el hecho de que la pérdida es igual al calor añadido al agua más el calor perdido por radiación y convección.

De los métodos expuestos, los dos primeros exigen acoples, bien sea mediante motores o generadores para determinar las pérdidas. Esto constituye un limitante debido a que no es simple realizar acoples de este tipo en generadores grandes de decenas o cientos de MVA como son los hidroeléctricos, por lo cual se descarta su uso para la aplicación objeto del presente proyecto. El tercer método es un método desarrollado para generadores hidroeléctricos. Sin embargo, su aplicación es más compleja y requiere de una serie de ensayos los cuales dificultan el trabajo en comparación con el método cuatro.

El método de transferencia de calor se utiliza ampliamente en generadores de plantas hidroeléctricas debido a su practicidad y relativa sencillez al momento de ser aplicado. El estándar IEC 60034-2-1:2007 [11] denomina a este procedimiento como “Medición de las pérdidas mediante el método calorimétrico y lo define como un ensayo en el cual las pérdidas en una máquina se deducen a partir del calor producido por ellas. Las pérdidas se calculan a mediante el producto de la cantidad de refrigerante, su aumento de temperatura y el calor disipado en el medio circundante.

El método de transferencia de calor para la determinación de pérdidas es también conocido como el método calorimétrico, y según el estándar IEC 60034-2-2 2010 [12], es el método más utilizado para medición de la eficiencia en generadores de gran tamaño tal como se evidencia en la Figura 3.1 debido a su baja incertidumbre en comparación con los demás métodos.

Quantity to be determined	Test method	Clause	Uncertainty
Direct efficiency	Calibrated machine	7.1.4.1	medium
Total losses	Calorimetric 1	7.3.3d)	low/medium
Friction and windage loss	Calibrated machine	7.1.4.2a)	medium
	Retardation	7.2.5.2	medium
	Calorimetric	7.3.3a)	low/medium
Active iron loss, and additional open-circuit losses in d.c. and synchronous machines	Calibrated machine	7.1.4.2b)	medium
	Retardation	7.2.5.3	medium
	Calorimetric	7.3.3b)	low/medium
Winding and additional-load losses	Calibrated machine	7.1.4.2c)	medium
	Retardation	7.2.5.5	medium
	Calorimetric	7.3.3c)	low/medium

Figura 3.1: Métodos preferidos para la determinación de la eficiencia en máquinas grandes Fuente: IEC 60034-2-2 2010 [12]

3.1. Medición de pérdidas por el método calorimétrico

El método calorimétrico se puede utilizar para la determinación de las pérdidas totales bajo una carga dada, o mediante la determinación de las pérdidas segregadas. Dependiendo de las circunstancias, las mediciones calorimétricas se pueden hacer de dos maneras distintas:

- Mediante el aumento de temperatura del medio de enfriamiento, también conocido como método directo.
- Utilizando la calibración de temperatura del medio de enfriamiento

El método de calibración de temperatura de enfriamiento se utiliza principalmente cuando la medición calorimétrica directa del circuito de enfriamiento es imposible o cuando se encuentran dificultades para ponerlo en práctica, razón por la cual no se detallará en el presente documento, porque excede al alcance de este. Sin embargo, en forma resumida consiste en medir las pérdidas mediante métodos eléctricos y relacionarlas con el aumento de temperatura del medio de enfriamiento, registrando de esta manera una curva la cual puede utilizarse para determinar la eficiencia en determinados puntos. El método directo es el más usado siempre y cuando exista la posibilidad de medir las diferencias de temperatura de agua de ingreso y salida de los enfriadores y es el método implementado en el presente proyecto. A continuación se explica a detalle el método utilizado:

3.1.1. Generalidades

Para iniciar con la determinación de las pérdidas por el método calorimétrico es necesario definir la superficie y los medios en donde se disiparán todas las pérdidas de la máquina a ser evaluada en forma de calor.

Estas pérdidas se clasifican en dos:

1. Pérdidas dentro de la superficie de referencia
2. Pérdidas fuera de la superficie de referencia

En la Figura 3.2 se detalla de manera esquemática los lugares y medios en donde se disipa el calor en un generador.

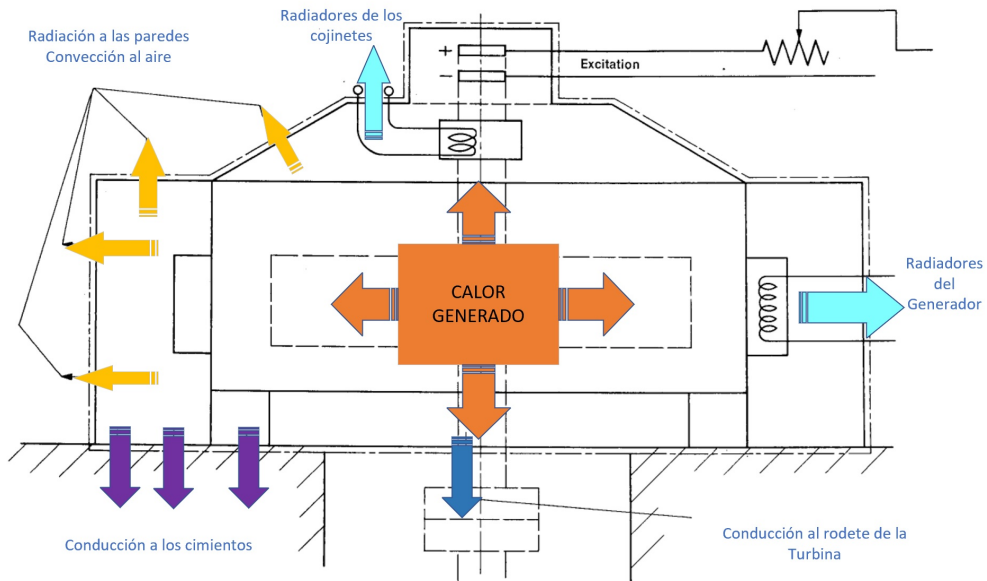


Figura 3.2: Disipación del calor del generador. Fuente: Autor

3.1.2. Pérdidas dentro de la superficie de referencia

Estas pérdidas son las que se relacionan directamente con la superficie que rodea completamente a la máquina a ser evaluada y se dividen en 2 conforme la ecuación 3.1.

$$P_i = P_1 + P_2, \quad (3.1)$$

donde:

P_i son las pérdidas dentro de la superficie de referencia.

P_1 son las pérdidas que pueden medirse calorimétricamente y que se disipan en forma de calor por los circuitos de enfriamiento, constituyen la mayor parte de las pérdidas totales.

P_2 son pérdidas no transmitidas al medio de enfriamiento y que se disipan a través de la superficie de referencia por conducción, convección, radiación, fugas, etc. Estas constituyen una pequeña parte de las pérdidas totales.

Pérdidas disipadas en los medios de enfriamiento

Según el estándar IEC 60034-2:1972 [11] este tipo de pérdidas disipadas en un sistema de enfriamiento cerrado en el cual el medio refrigerante es agua se pueden determinar con la ecuación 3.2.

$$P_1 = c_p \cdot \rho \cdot Q \cdot \Delta t \text{ [kW]} \quad (3.2)$$

donde:

c_p es el calor específico del agua expresado en $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right]$, mismo que se determina mediante unas curvas definidas las cuales dependen de la temperatura del agua de ingreso y la humedad relativa del ambiente, como se muestra en la Fig. 3.3.

ρ es la densidad del agua expresada en $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$ la cual se define mediante la temperatura del agua de ingreso conforme la Fig. 3.4.

Q es el caudal de agua de enfriamiento del intercambiador de calor expresada en $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{seg}}\right]$.

Δt es la diferencia de temperatura entre el agua que ingresa al intercambiador de calor con respecto al agua que sale del intercambiador de calor expresada en $[\text{°C}]$.

Pérdidas no disipadas en los medios de enfriamiento

Este tipo de pérdidas como su nombre lo describe son las pérdidas que no se disipan en los medios de enfriamiento, estas pérdidas son insignificantes comparadas con las del primer tipo y son causadas por el contacto de las superficies externas de la máquina con la atmósfera circundante (convección), con la carcasa (radiación) y mediante conducción cuando se disipa en los cimientos y en el eje de la máquina.

Según el estándar IEC 60034-2:1972 [11] este tipo de pérdidas se calculan mediante la ecuación 3.3.

$$P_2 = h \cdot area \text{ [m}^2\text{]} \cdot \Delta t \text{ [°C]}, \quad (3.3)$$

donde:

Δt es la diferencia de temperatura entre la superficie en donde se vaya a evaluar las pérdidas disipadas por radiación y la temperatura ambiente registrada en esa superficie.

h son las pérdidas disipadas en la superficie las cuales están entre 10 y 20 $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}\right]$.
El valor de h puede ser determinado de dos maneras:

La primera, si la superficie a evaluar se encuentra en contacto con el aire ambiente utilizando la ecuación 3.4.

$$h = 11 + 3 \cdot v \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right], \quad (3.4)$$

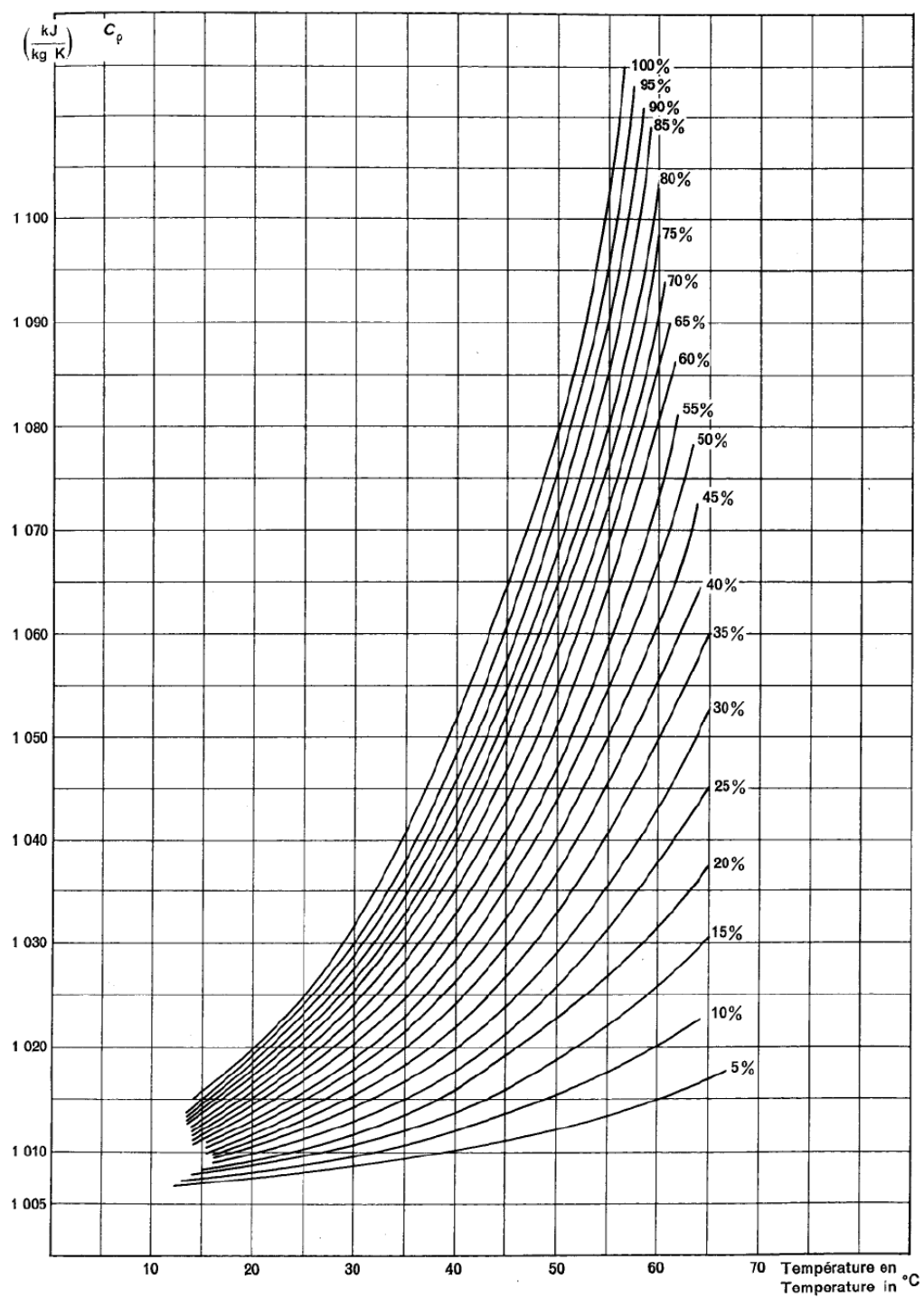


Figura 3.3: Curvas Para Determinación del Calor Específico. Fuente: IEC 60034-2A [11]

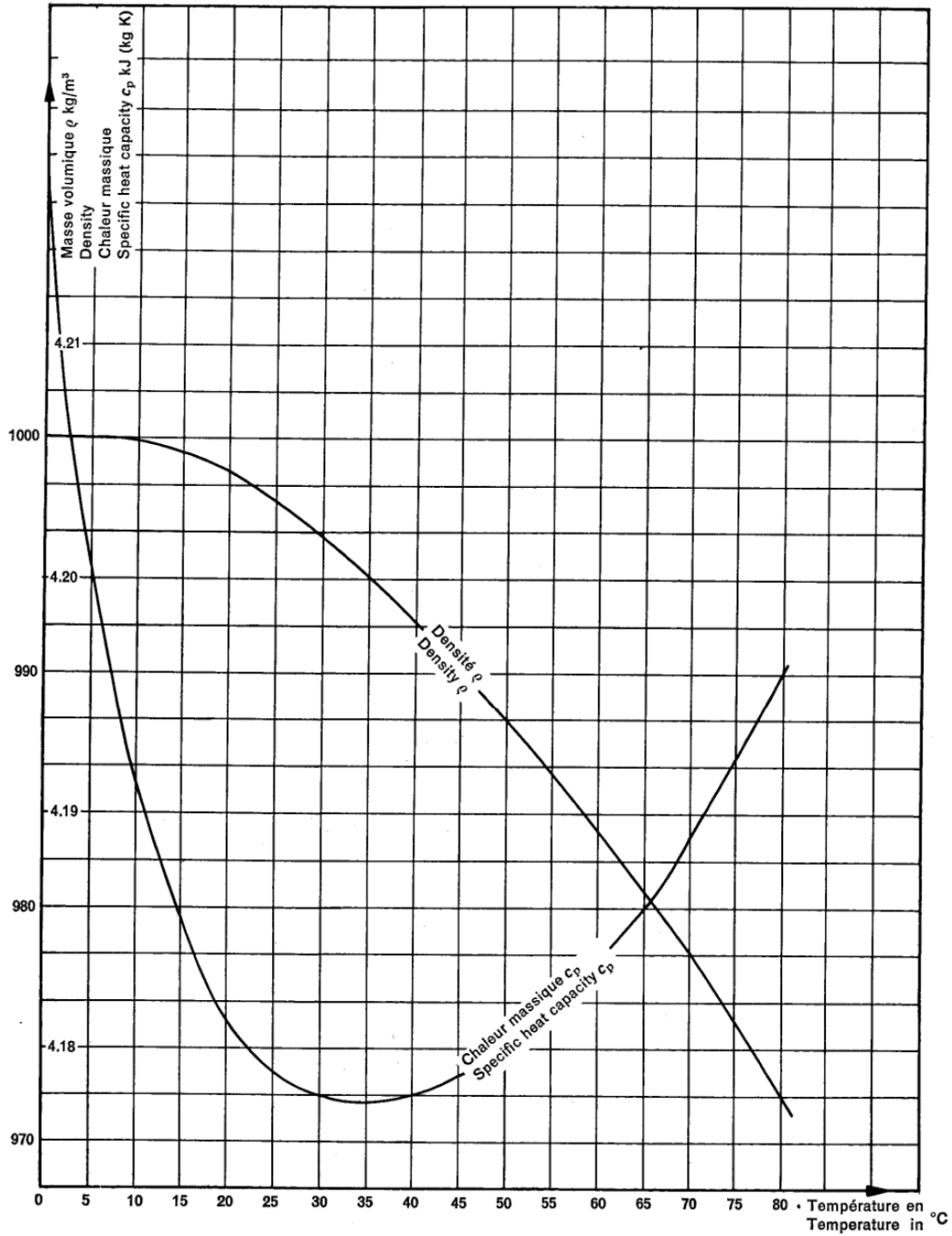


Figura 3.4: Densidad y Calor específico del agua conforme la temperatura de agua Fuente: IEC 60034-2A [11]

La segunda, si la superficie a evaluar se encuentra completamente dentro del recinto del generador utilizando la ecuación 3.5.

$$h = 5 + 3 \cdot v \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]. \quad (3.5)$$

Para ambos casos v es la velocidad de viento del ambiente en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

3.1.3. Pérdidas fuera de la superficie de referencia

Este tipo de pérdidas con las que no se disipan en los medios de enfriamiento principales o en las superficies directas por radiación; las principales son:

- Pérdidas en el sistema de excitación
- Pérdidas mecánicas en las escobillas
- Pérdidas eléctricas de las escobillas

Estas pérdidas deben sumarse a las pérdidas internas para la evaluación final.

3.2. Condiciones estables

Como se pudo observar en los párrafos anteriores, la metodología depende en gran medida de la diferencia de temperaturas que producen las pérdidas disipadas en los medios de enfriamiento o a su vez en las superficies. Sin embargo, una consideración importante para que las mediciones sean precisas, consiste en asegurar que la máquina alcance el equilibrio térmico; es decir, que no existan variaciones de la temperatura de agua de ingreso o del devanado del estator que pueda influir en los resultados finales. Según el estándar IEC 60034-2:1972 [11], el equilibrio térmico se obtiene cuando las temperaturas no varían en más de 0.3 °C por hora. Si es que la temperatura de entrada del medio de enfriamiento no cumple esta condición, la prueba debe ser pospuesta hasta alcanzar condiciones estables. En algunos casos cuando la temperatura no se puede estabilizar es recomendable realizar el ensayo por la noche, evitando que el agua de enfriamiento varíe producto de los cambios de radiación solar que pueden presentarse durante el día.

3.3. Pruebas de ensayo para determinar las pérdidas segregadas

Existen dos estándares principales los cuales definen los ensayos a realizarse y el método de cálculo de las diferentes pérdidas mediante la metodología de pérdidas segregadas para un generador síncrono. Estos estándares son: IEC 60034-2-1:2007

[10] y el IEEE Std 112™-2004 [18] los dos presentan similitudes en la gran mayoría de métodos de cálculo difiriendo principalmente en el método de cálculo de las pérdidas adicionales la cual se explicará más adelante. El software de medición de cálculo de la eficiencia está basado en el estándar IEC 60034-2-2:2010 [12] El cual es un complemento del estándar IEC 60034-2-1:2007 [10] y el estándar IEC 60034-2-A:1974 [11] específico para la determinación de pérdidas segregadas en máquinas de gran tamaño.

Siguiendo esta metodología, para determinar las pérdidas segregadas mediante el método calorimétrico es necesario realizar cuatro pruebas o modos de funcionamiento del generador, los cuales se describen a continuación:

3.3.1. Prueba de giro mecánico

Esta prueba consiste en llevar la máquina a velocidad nominal. Durante esta prueba no se excitará la máquina, por lo que las pérdidas que se podrán determinar durante este método son las pérdidas por fricción y arrastre (ventilación) de la unidad de generación. Estas pérdidas se determinan conforme la ecuación 3.6.

$$P_{mec} = P_{fr} + P_{vent}, \quad (3.6)$$

donde:

P_{mec} son las pérdidas mecánicas, las cuales son constantes e independientes de la carga.

P_{fr} son las pérdidas por fricción, que se disipan por los cojinetes en los medios de enfriamiento. Para el cálculo de estas pérdidas se utiliza la ecuación 3.2.

P_{vent} son pérdidas por arrastre o ventilación. Estas pérdidas son disipadas principalmente en el radiador del generador y en su superficie.

Para determinar las pérdidas en el radiador se utiliza la ecuación 3.2.

Para determinar las pérdidas disipadas en la superficie se utiliza la ecuación 3.3.

3.3.2. Prueba de giro en vacío

Esta prueba consiste en llevar la Unidad de generación a velocidad nominal y excitarla para llegar a voltaje nominal. Durante esta prueba no se energizarán los bobinados del estator, por lo que en esta prueba se podrán determinar las pérdidas en el núcleo de la máquina, restando obviamente las pérdidas de fricción y arrastre determinados en las pruebas de giro mecánico conforme la ecuación 3.7.

$$P_{Fe} = P_{Vtot} - P_{mec} - P_{IR} - P_{esc}, \quad (3.7)$$

donde:

P_{Fe} son las pérdidas en el núcleo de la máquina, las cuales son constantes e independientes de la carga.

P_{Vtot} son las pérdidas totales determinadas durante la prueba de vacío de la Unidad de Generación.

P_{mec} son las pérdidas totales encontradas durante la prueba de giro mecánico.

P_{IR} son pérdidas en los bobinados de campo producto de la corriente de campo necesaria para llegar a voltaje nominal, y

P_{esc} son pérdidas en las escobillas.

Para determinar las pérdidas en el devanado de campo P_{IR} se utiliza la ecuación 3.8.

$$P_{IR} = I_f^2 R_{f1}, \quad (3.8)$$

donde:

I_f es la corriente de excitación

R_{f1} es la resistencia del devanado de campo a la temperatura de prueba, la misma puede ser calculada con la ecuación 3.9.

$$R_{f1} = \frac{(235 + T_{rot})}{(235 + 75)} \cdot R_{f75}, \quad (3.9)$$

donde:

T_{rot} es la temperatura del rotor durante la prueba.

R_{f75} es la resistencia del devanado del rotor a 75 °C

Para determinar las pérdidas de las escobillas se utiliza la ecuación 3.10.

$$P_{esc} = P_{escm} + P_{esce}, \quad (3.10)$$

donde:

P_{esce} son las pérdidas mecánicas de las escobillas determinadas por la ecuación 3.11.

$$P_{escm} = v \cdot A \cdot \mu \cdot \rho \cdot 10^3 \quad (3.11)$$

donde:

v es la velocidad lineal del anillo rozante $\left[\frac{m}{s}\right]$

A es el área combinada de las escobillas $[\text{cm}^2]$

μ es el factor de fricción de las escobillas $\mu = 0,2$

ρ es la fuerza de presión ejercida a las escobillas para el roce con el anillo rozante

P_{esce} son las pérdidas eléctricas de las escobillas, determinadas por la ecuación 3.12.

$$P_{esce} = 2 \cdot I_f \cdot \Delta U \cdot 10^{-3}, \quad (3.12)$$

donde:

I_f es la corriente de campo durante la prueba

ΔU es la caída de tensión por escobillas dependiendo del tipo:

- Para carbón electrográfico o grafito = 1 [V]
- Para metal-carbón = 0.3 [V]

3.3.3. Prueba de cortocircuito

Esta prueba consiste en cortocircuitar los terminales de generador, subiendo la corriente del estator hasta el valor nominal o de no ser posible hasta el 70 % del valor nominal, para de esta forma, energizar las bobinas de campo y armadura. Durante esta prueba se determina principalmente las pérdidas adicionales, para ello se restan del total de pérdidas generadas durante la prueba, las pérdidas determinadas anteriormente: pérdidas por fricción, pérdidas en el núcleo, pérdidas en el bobinado de campo, pérdidas en el bobinado del estator y las pérdidas en las escobillas. La ecuación 3.13 define el cálculo para encontrar las pérdidas adicionales.

$$P_{ad} = P_{Ctot} - P_{mec} - P_{Fe} - P_{IR} - P_{IE} - P_{esc}, \quad (3.13)$$

donde:

P_{ad} son las pérdidas adicionales, las cuales varían según la carga.

P_{Ctot} son las pérdidas totales determinadas durante a prueba de cortocircuito del generador.

P_{mec} son las pérdidas mecánicas.

P_{Fe} son las pérdidas en el núcleo de la máquina.

P_{IR} son las pérdidas en los bobinados de campo durante la prueba de cortocircuito.

P_{IE} son las pérdidas en los bobinados del estator durante la prueba de cortocircuito.

P_{esc} son las pérdidas en las escobillas durante la prueba de corto circuito.

Para las pérdidas en los bobinados del rotor se utiliza la ecuación 3.8, y en el caso de que se necesite un ajuste de la resistencia de los bobinados a la temperatura de la prueba se debe usar la ecuación 3.9.

Para calcular las pérdidas en los bobinados del estator se usa la ecuación 3.14.

$$P_{IE} = I_a^2 \cdot R_{a1}, \quad (3.14)$$

donde:

I_a es la corriente del estator.

R_{a1} es la resistencia del estator a la temperatura de prueba, la cual se puede determinar con la ecuación 3.15.

$$R_{a1} = \frac{(235 + T_{est})}{235 + 75} \cdot R_{a75}, \quad (3.15)$$

donde:

T_{est} = Temperatura del estator durante la prueba.

R_{a75} = Resistencia del devanado del estator a 75 °C

De la misma manera, para la determinación de las pérdidas en las escobillas, se utilizarán las ecuaciones 3.11 y 3.12, tomando como referencia la corriente de campo durante esta prueba.

3.3.4. Prueba de potencia nominal

La prueba consiste en llegar a la Potencia Nominal de la Unidad a ser evaluada. El objetivo de esta prueba es determinar las pérdidas totales en el bobinado del rotor, estator y las escobillas. Durante esta prueba también es posible realizar la determinación de las pérdidas de excitación.

Para la evaluación de las pérdidas durante esta prueba, se utilizará las ecuaciones ya descritas en las pruebas anteriores, es decir:

- Para determinar las pérdidas en el bobinado de campo la ecuación 3.8.
- Para determinar las pérdidas en el bobinado del estator la ecuación 3.14.
- Y finalmente para determinar las pérdidas en las escobillas se utiliza la ecuación 3.10 definida previamente.

Para el caso de las pérdidas en la excitación el método de cálculo utilizado es un método directo, en donde las pérdidas se determinan midiendo la potencia al ingreso del sistema menos la potencia entregada al campo conforme la ecuación 3.16.

$$P_{exc} = \text{Potencia al ingreso} - \text{Potencia a la salida [kW]}. \quad (3.16)$$

Capítulo 4

Instrumentación

Parte fundamental para la determinación de las pérdidas y posterior cálculo de la eficiencia del generador síncrono utilizando el método calorimétrico es la obtención de las diferentes variables que permitirán calcular de forma precisa cada una de ellas. Si bien el estándar IEC 60034-2:1972 [11] establece algunos parámetros referenciales para la instrumentación, hay que considerar que el mismo fue redactado hace 50 años, periodo de tiempo durante el cual, la electrónica y directamente la instrumentación ha tenido una evolución considerable, tanto en la tecnología utilizada para medir una variable así como la precisión asociada a la medida, es por esta razón que se ha utilizado la referencia del estándar IEEE Std 112™-2004 [18] el cual ofrece una mejor definición de la precisión de la instrumentación para cada variable.

4.1. Instrumentación para determinación de pérdidas en medios de refrigeración

Según la ecuación 3.2, para la determinación de este tipo de pérdidas es necesario medir dos variables: el caudal de ingreso de agua de enfriamiento y la temperatura de agua de enfriamiento, tanto al ingreso como a la salida del equipo del intercambiador de calor.

4.1.1. Caudal

Actualmente para la medición de esta variable existe una gran variedad de medidores, los cuales dependiendo de su mecánica o principio de funcionamiento son aplicables en una u otra aplicación. Para el caso concreto de la medición de la eficiencia por pérdidas separadas utilizando el método calorimétrico el estándar IEEE Std 112™-2004 [18], el estándar no hace referencia a un tipo de instrumento en especial, si no más bien sugiere que el error máximo de la instrumentación a ser

utilizada debe ser como máximo de $\pm 0.2\%$ del total de la escala del medidor, y el mismo debe disponer de una certificado de calibración no mayor a 12 meses.

En el marco de la investigación realizada, el instrumento más utilizado para lograr la precisión requerida para el ensayo son los caudalímetros electromagnéticos, los cuales pueden ser instalados en la tubería de forma sencilla para la ejecución de las pruebas, y que además, son el tipo de medición más utilizado en los intercambiadores de calor de las plantas Hidroeléctricas modernas, facilitando la toma de datos al no necesitar realizar acoples adicionales.

Parte fundamental para la toma de esta variable es la Ubicación del caudalímetro en el intercambiador de calor, la cual debe ser realizada de tal manera que mida todo el caudal de ingreso en los intercambiadores. El estándar IEC 60034-2-2:2010 [12] define de forma gráfica como debería realizarse la instalación conforme los diferentes diseños de intercambiadores de calor. En la Figura 4.1 se puede evidenciar según el estándar como se ubicarían los caudalímetros en el caso de que las serpentinas estén configuradas en paralelo. De la misma manera, para el caso en el que las serpentinas se encuentren con una configuración en serie el estándar determina la manera adecuada de realizar la medición de caudal conforme la Figura 4.2.

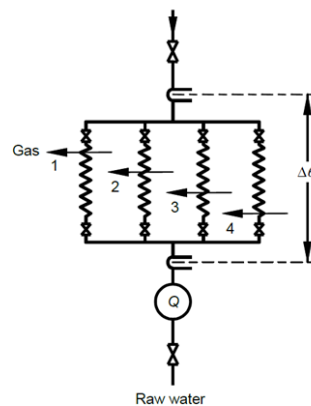


Figura 4.1: Enfriadores conectados en paralelo Fuente: IEC 60034-2-2 [12].

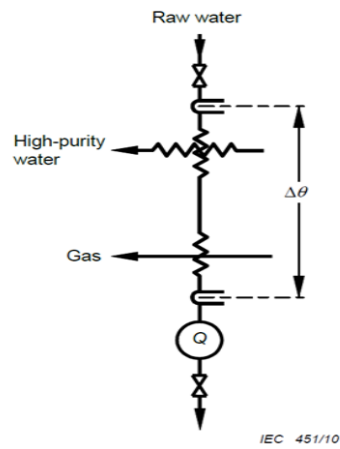


Figura 4.2: Enfriadores conectados en serie Fuente: IEC 60034-2-2 [12].

En la figura 4.3 se puede observar la instalación en sitio de caudalímetros al ingreso de agua de los radiadores de un generador.



Figura 4.3: Instalación de caudalímetros para medición de la eficiencia en sitio. Fuente: Autor

4.1.2. Temperatura en agua

Al igual que para el caso de los caudalímetros, actualmente existen diversos tipos de instrumentos para medir la variable de temperatura, los cual dependiendo de la aplicación en donde se vayan a utilizar son mas o menos eficaces, para el caso puntual de la medición de temperatura para un líquido en una tubería que es el caso que nos compete, el instrumento más utilizado es el de tipo RTD (resistencia variable con la temperatura) más precisamente el modelo PT100 el mismo que dispone de la particularidad de registrar una resistencia de 100Ω a una temperatura de 0°C . El estándar IEEE Std 112TM-2004 [18], no especifica un tipo de instrumento en particular para la medición de esta variable; sin embargo, si establece que el error máximo de la lectura debe ser de $\pm 0.2\%$ del total de la escala.

La RTD puede ser instalada directamente en la tubería de ingreso y salida del intercambiador de calor como se detalla en la Figura 4.4 , de tal manera que se pueda medir la temperatura del líquido refrigerante. Este tipo de sensores, para ser instalados en las tuberías generalmente disponen de unos acoples especializados, llamados termopozos; estos termopozos permiten manipular la instrumentación sin la necesidad de vaciar la tubería. En el caso que existan estos termopozos el estándar IEC IEC 60034-2:1972 [11] define que los mismos deberían ser de entre 0.6 y 0.8 veces el diámetro de la tubería, además las paredes deben ser lo más finas posible y de un material con alta conductividad térmica.

Adicionalmente, donde sea necesario, las tuberías de agua deberían ser aisladas para evitar la transferencia de calor hacia el exterior.



Figura 4.4: Instalación de RTD con termopozo en el intercambiador de calor.
Fuente: Autor

4.2. Instrumentación para determinación de pérdidas por conducción, convección, radiación

Según la ecuación 3.3, para medir las pérdidas disipadas por conducción, convección y radiación es necesario utilizar dos variables principalmente: la velocidad del viento en los alrededores de la superficie donde se va a evaluar la disipación de las pérdidas, y la temperatura tanto de la superficie como del ambiente en donde se va a realizar la evaluación de las mencionadas pérdidas.

4.2.1. Velocidad del viento

El estándar IEC 60034-2-A:1974 [11] define tres métodos para la determinación de la velocidad del viento o flujo de aire:

- Principio de medición por resistencia aerodinámica calibrada

- Medición con una boquilla de admisión
- Método de comparación

Si bien el estándar define estos métodos, se debe recordar que el mismo fue publicado en 1974, actualmente existe instrumentación como los anemómetros digitales los cuales permiten evaluar el flujo de aire con precisión. De la misma manera, el estándar define un porcentaje de error de $\pm 3\%$; sin embargo, con la instrumentación actual se puede alcanzar un menor error. En la Figura 4.5 se puede visualizar el uso de un anemómetro digital para medir la velocidad del viento durante las pruebas de eficiencia.



Figura 4.5: Medición de velocidad del viento con anemómetro digital. Fuente: Autor

4.2.2. Temperatura de la superficie y el ambiente

Para la medición de esta variable, el estándar IEC 60034-2-A:1974 [11] menciona que La medición de la temperatura se puede realizar mediante detectores de medición eléctricos (termómetros de resistencia, termopares o termistores). Al igual que la medición de temperatura de agua de enfriamiento, los sensores de temperatura RTD PT100 son los más utilizados; para el caso que concierne de medición de temperatura en la superficie y el ambiente, existen unos tipos de RTD especialmente diseñados los cuales permiten la mejor precisión en la toma de datos. Al igual que los las RTD's para medir la temperatura de los medios de enfriamiento, conforme el estándar estándar IEEE Std 112™-2004 [18] se necesita un error máximo de $\pm 0.2\%$ para este tipo de lecturas. En la Figura 4.6 se puede apreciar la instalación

de las RTD's para la medición de las pérdidas por radiación en las paredes del recinto del generador, la primera resistencia se encuentra directamente instalada en la pared del recinto, y la segunda a un metro aproximadamente midiendo la temperatura ambiente en ese punto.



Figura 4.6: Instalación de RTD's en la superficie a evaluar y el ambiente.
Fuente: Autor

4.3. Instrumentación para determinación de pérdidas de tipo eléctrico

Para la medición de este tipo de variables el estándar IEEE Std 112TM-2004 [18], especifica que se deberá utilizar instrumentación, equipos y accesorios calibrados de alta precisión. Se pueden utilizar instrumentos analógicos o digitales en las pruebas.

Los instrumentos electrónicos generalmente son más versátiles y tienen impedancias de entrada mucho más altas que los instrumentos no electrónicos. Una mayor impedancia de entrada reduce la necesidad de hacer correcciones por la corriente absorbida por el instrumento. Sin embargo, los instrumentos de alta impedancia de entrada pueden ser más susceptibles al ruido. Para evitar al máximo el ruido eléctrico la buena práctica requiere el uso de pares trenzados blindados para los conductores de señal, conectando a tierra el blindaje en un solo punto, manteniendo los cables de señal lo más alejados posible de los cables de alimentación, y manteniendo los cruces en ángulos rectos cuando los cables de señal y de alimentación

se cruzan. Todas las partes metálicas expuestas de los instrumentos deben estar conectadas a tierra por seguridad.

El estándar sugiere que el error máximo de medición del instrumento debe ser de 0.2 % del total de la Escala, de igual forma, el instrumento debe disponer de su certificado de calibración con no más de 12 meses de vigencia.

4.3.1. Voltaje

Cada uno de los voltajes de línea a línea deberá ser medido con los conductores de señal conectados a los terminales de la máquina. Si las condiciones locales no permiten tales conexiones, la diferencia entre el voltaje en los terminales de la máquina y el punto de medición deberá ser evaluada y las lecturas deberán ser corregidas. El promedio aritmético se utilizará para calcular el rendimiento de la máquina a partir de los datos de la prueba.

4.3.2. Corriente

Las corrientes de línea a cada fase del estator deberán ser medidas, y el valor promedio aritmético se utilizará para calcular el rendimiento de la máquina a partir de los datos de la prueba.

4.3.3. Potencia

La potencia eléctrica puede ser medida por dos vatímetros monofásicos conectados como en el método de los dos vatímetros, un vatímetro polifásico, o tres vatímetros monofásicos. Las lecturas de potencia deberán ser corregidas por las pérdidas del medidor si son significativas.

En la Figura 4.7 se puede revisar la instrumentación utilizada para la medición de las variables del tipo eléctricas, de izquierda a derecha se puede observar un voltímetro analógico para la medición de tensión DC del bobinado de campo, seguido de un analizador de energía que permite medir variables como los voltajes y corrientes del estator, y para finalizar un equipo de adquisición de datos, el cual permite recolectar toda la información de medición de temperaturas y caudales durante las diferentes pruebas.

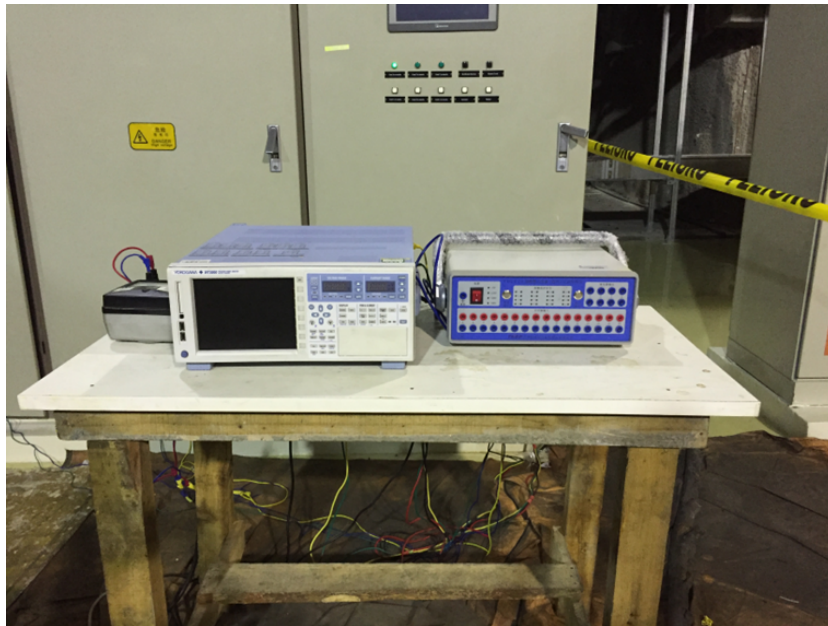


Figura 4.7: Instrumentación para medición de variables eléctricas. Fuente: Autor

4.4. Definición de los puntos de medición para la determinación de pérdidas por el método calorimétrico

Parte fundamental para realizar una adecuada determinación de pérdidas y posterior cálculo de la eficiencia es conocer y establecer antes de las pruebas, los puntos en donde se instalará la instrumentación. Para el efecto, el evaluador deberá solicitar la información necesaria con el fin de que se pueda evidenciar en que lugares o sistemas se disiparán las pérdidas.

4.4.1. Localización de puntos de medición en los medios de refrigeración

Estos puntos de medición permitirán evaluar principalmente las pérdidas por fricción de los cojinetes, más las pérdidas por ventilación disipadas en los radiadores del generador.

La Figura 4.8 ilustra a manera de ejemplo la vista frontal en planos 2D de un generador síncrono de polos salientes, en este caso en particular, se definen 4 puntos en donde las pérdidas se disipan en los medios de enfriamiento:

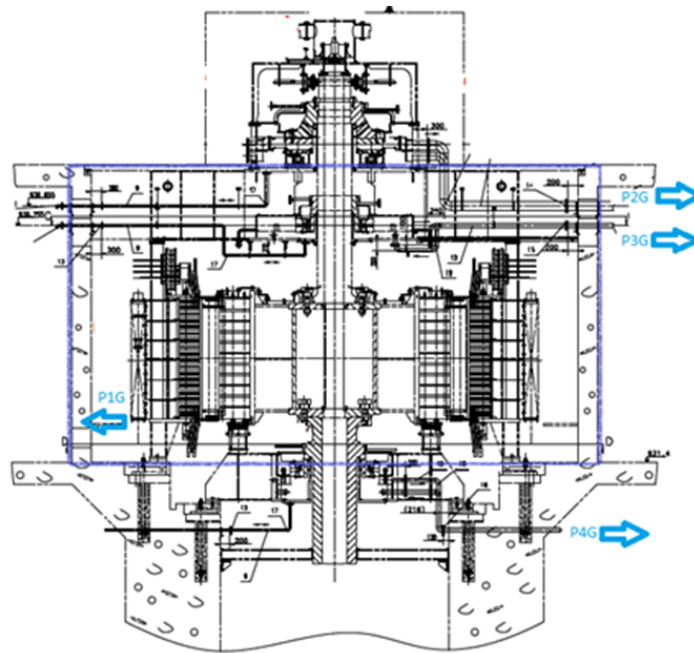


Figura 4.8: Localización de puntos para la evaluación de pérdidas por fricción y ventilación en los medios de refrigeración. Fuente: Autor

$P1G$ son las pérdidas por ventilación disipadas en el radiador del Generador

$P2G$ son las pérdidas por fricción del cojinete de empuje disipadas en su intercambiador de calor

$P3G$ son las pérdidas por fricción del cojinete superior disipadas en su intercambiador de calor

$P4G$ son las pérdidas por fricción del cojinete inferior disipadas en su intercambiador de calor

Para este caso en particular, se definen cuatro puntos en donde se realizará la evaluación de las pérdidas; sin embargo, dependiendo de cada generador, se deberá realizar una evaluación detallada en donde se pueda establecer todos y cada uno de los puntos en donde se disipen las pérdidas por los medios de refrigeración.

4.4.2. Localización de puntos de medición en las superficies

La definición de los puntos en donde se realizará la medición de las pérdidas disipadas en las superficies por conducción, convección, radiación al igual que la

definición de los puntos por disipación en los medios de refrigeración, deberán realizarse independientemente para cada generador a evaluarse, para lo cual, será necesario disponer de información que permita evaluar entre otras cosas el área y geometría del recinto del generador en donde se disiparan este tipo de pérdidas. La Figura 4.9 representa de manera esquemática un generador y describe en donde se disipan este tipo de pérdidas.

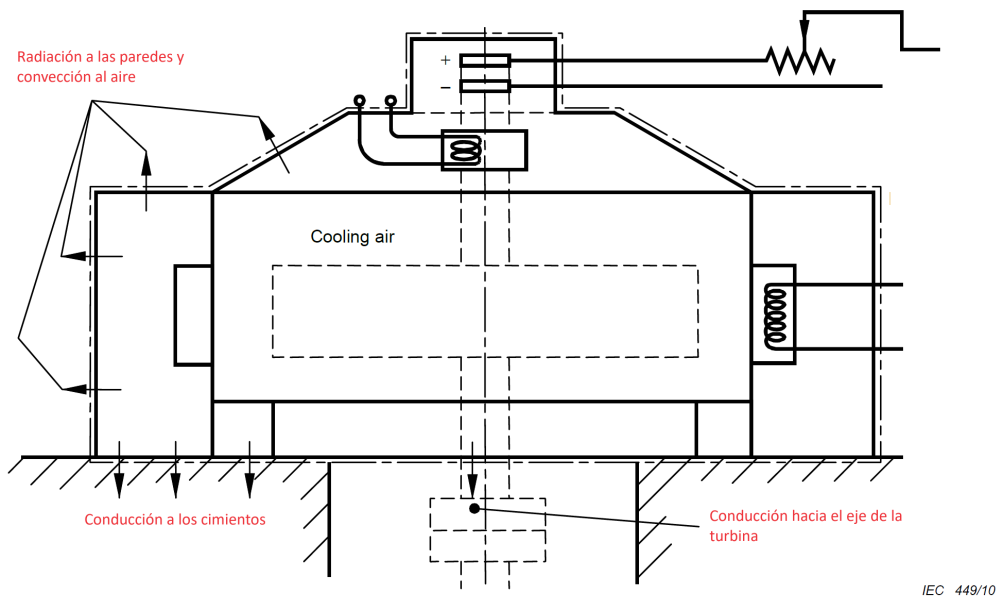


Figura 4.9: Superficie de referencia para la instalación de sensores RTD. Fuente: [12]

Según el estándar IEC 60034-2-2:2010 [12] la superficie se puede dividir desde 10 a 15 segmentos con la finalidad de abarcar toda la superficie de referencia. En cada segmento se debe instalar una suficiente cantidad de RTD's tanto para la superficie como para el ambiente con la finalidad de determinar este tipo de pérdidas con la mayor precisión posible. A manera de ejemplo la Figura 4.10 Muestra la definición de puntos de medición en la superficie de referencia para determinar las pérdidas disipadas por conducción, convección y radiación.

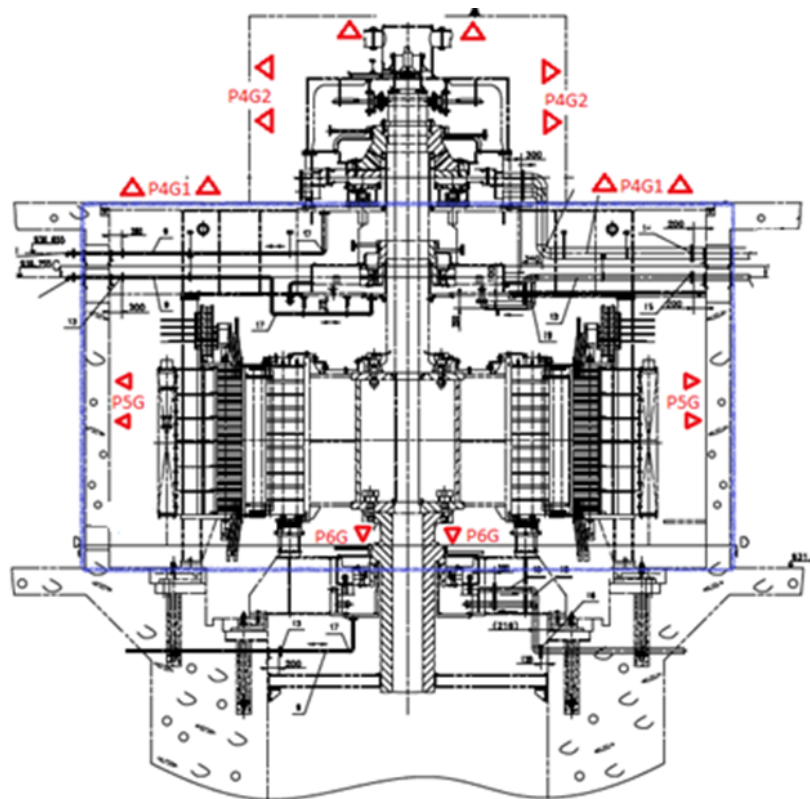


Figura 4.10: Localización de Puntos para la evaluación de pérdidas por conducción, convección y radiación en la superficie de referencia. Fuente: Autor

$P4G2$ son las pérdidas disipadas en la superficie del domo de los anillos rozantes

$P4G1$ son las pérdidas disipadas en la Tapa superior del Generador

$P5G$ son las pérdidas disipadas en el Recinto del Generador

$P6G$ son las pérdidas disipadas en la Tapa Inferior del Generador

Capítulo 5

Algoritmo implementado

El algoritmo implementado se basó en el cálculo de pérdidas mediante la metodología de separación de las mismas según el estándar IEC 60034-2-2:2010 [12], definido en el Capítulo 3. El lenguaje de programación utilizado es el de VBA (VISUAL BASIC APPLICATION), el cual es desarrollado por Microsoft. El mismo permite entre otras cosas analizar y manipular conjuntos grandes de datos con la finalidad de automatizar tareas reduciendo los tiempos de ejecución de las mismas y reduciendo al mínimo los errores. Para el caso en particular de la determinación de la eficiencia, utilizando el método calorimétrico, la metodología exige una gran cantidad de datos de ingreso de información, los cuales deberán posteriormente ser manipulados mediante diferentes cálculos conforme la metodología aplicada para calcular la eficiencia del generador. Debido a esto, y a la facilidad de ingreso de información que presentan las hojas de cálculo del software de Excel, más la versatilidad de interacción con el lenguaje VBA es que se ha optado por la implementación de este algoritmo en dicho lenguaje de programación.

5.1. Generación de tablas para el ingreso de datos

Conforme la evaluación de los puntos de medición y la cantidad de sensores RTD's y caudalímetros identificados, según lo determinado en metodología explicada en el [Capítulo 4](#), se ha desarrollado una interfaz que permite el ingreso de datos para la posterior evaluación de la eficiencia. En la Fig. 5.1, se presenta esta interfaz gráfica para la entrada de los datos.

ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE LOS GENERADORES SÍNCRONOS DE EJE VERTICAL Y POLOS SALIENTES	
INGRESE LOS DATOS DE GENERADOR	
NÚMERO DE RTD'S DEL DOMO	4
NÚMERO DE RTD'S DE LA TAPA SUPERIOR	8
NÚMERO DE RTD'S DEL RECINTO	8
NÚMERO DE RTD'S DE LA TAPA INFERIOR	8
NÚMERO DE COJINETES(SIN COJ. TURBINA)	3
NÚMERO DE MEDIDORES DE FLUJO COJINETES	3
NÚMERO DE MEDIDORES DE FLUJO RADIADORES	1

INGRESAR DATOS

AUTOR: ROBERTO GUERRERO

Figura 5.1: Interfaz de ingreso de datos para generación de tablas. Fuente: Autor

El algoritmo implementado en esta primera instancia permite la generación de tablas en donde se irá ingresando la información de las distintas variables a ser medidas durante las diferentes pruebas detalladas en el apartado 3.3 para determinar las pérdidas segregadas. Estas tablas se generarán conforme la cantidad de datos ingresados, es decir, el algoritmo implementado es escalable a cualquier tamaño de generador, y variará conforme lo determinado por el usuario final. El pseudo código del Algoritmo 1 corresponde a la creación de tablas para el ingreso de datos en esta primera etapa del cálculo de la eficiencia.

Algoritmo 1 Algoritmo para creación de tablas

```

1: procedure COMMANDBUTTON1_CLICK
2:   Inicializar variables (ncoj, rtdom, rtdsup, rtdrec, rtdinf, numfljc, numfljr)
3:   for cada campo de entrada (txtnumc, txtrtdom, txtrtdsup, txtrtdrec,
   txtrtdinf, txtfluje, txtflujr) do
4:     if el campo está vacío then
5:       Mostrar mensaje de error solicitando el valor
6:     else
7:       Convertir el valor del campo a número y almacenarlo en la variable
       correspondiente
8:     end if
9:   end for
10:  // GENERACIÓN DE TABLAS DOMO
11:  if el valor de rtdom es 0 then
12:    Eliminar tablas existentes relacionadas con RTD domo en diferentes
    hojas
13:  else
14:    Definir número de filas y columnas para las nuevas tablas
15:    Crear y configurar nuevas tablas en las hojas correspondientes (Ho-
    ja_Giro, Hoja_Vacio, etc.)
16:    Establecer encabezados y limpiar celdas según sea necesario
17:  end if
18:  // Repetir la lógica de generación de tablas para TAPA SUPERIOR, RE-
  CINTO, TAPA INFERIOR, COJINETES, RADIADORES
19:  // GENERACIÓN DE TABLAS FLUJO DE AGUA COJINETES
20:  if txtfluje es 0 then
21:    Eliminar tablas existentes
22:  else
23:    Crear y configurar nuevas tablas de flujo de agua para cojinetes en las
    hojas correspondientes
24:  end if
25:  // GENERACIÓN DE TABLAS FLUJO DE AGUA RADIADORES
26:  if txtflujr es 0 then
27:    Eliminar tablas existentes
28:  else
29:    Crear y configurar nuevas tablas de flujo de agua para radiadores en las
    hojas correspondientes
30:  end if
31:  // GENERACIÓN DE TABLAS VELOCIDAD DEL VIENTO
32:  Eliminar tablas existentes si es necesario
33:  Crear y configurar nuevas tablas de velocidad del viento en las hojas co-
  rrespondientes
34:  // GENERACIÓN DE TABLAS HUMEDAD RELATIVA
35:  Eliminar tablas existentes si es necesario
36:  Crear y configurar nuevas tablas de humedad relativa en las hojas corres-
  pondientes
37:  Cerrar el formulario activo y activar la hoja Hoja_Giro
38: end procedure

```

Cabe recalcar que las tablas se crearán para cada una de las pruebas a ser realizadas para la medición de la eficiencia en una hoja de cálculo diferente. La Tabla 5.1 hace una equivalencia entre el nombre de las hojas de cálculo del documento de Excel y las diferentes pruebas para la determinación de la eficiencia.

Tabla 5.1: Hojas de cálculo correspondientes a cada prueba Fuente: Autor

Hoja de cálculo	Prueba correspondiente
GIRO_MECÁNICO	PRUEBA DE GIRO MECÁNICO
PRUEBA_VACÍO	PRUEBA DE GIRO EN VACÍO
PRUEBA_CORTO	PRUEBA DE CORTOCIRCUITO
PRUEBA_NOMINAL	PRUEBA A POTENCIA NOMINAL

El algoritmo implementado para la creación de tablas se puede visualizar en el [Anexo A](#).

5.2. Algoritmo para el cálculo de pérdidas durante la prueba de giro mecánico

Para el cálculo de estas pérdidas es necesario ingresar el valor de las superficies en donde se van a evaluar las pérdidas disipadas por conducción, convección y radiación, para el efecto, se ha diseñado conjuntamente con el algoritmo la interfaz gráfica que se muestra en la Figura 5.2.

PRUEBA DE GIRO MECÁNICO

SUPERFICIE DEL DOMO	<input type="text"/>	m2	CALCULAR PÉRDIDAS
SUPERFICIE DE LA TAPA SUPERIOR	<input type="text"/>	m2	
SUPERFICIE DEL RECINTO	<input type="text"/>	m2	
SUPERFICIE DE LA TAPA INFERIOR	<input type="text"/>	m2	

Figura 5.2: Interfaz para el ingreso de datos de superficie de los diferentes puntos a ser evaluados para determinar las pérdidas durante la prueba de giro mecánico. Fuente: Autor

El pseudo código para el cálculo de las pérdidas durante esta prueba se muestra en el Algoritmo 2.

Algoritmo 2 Cálculo de Pérdidas en Prueba de Giro Mecánico

- 1: Inicializar hoja de trabajo "GIRO_MECANICO"
 - 2: Asignar rangos a las tablas de datos necesarias
 - ▷ Cálculo de promedios de RTD's y flujos
 - 3: **for** cada tabla de RTD's y flujos **do**
 - 4: Calcular el promedio de cada columna
 - 5: Calcular el promedio de los promedios de las columnas
 - 6: Calcular la diferencia entre promedios de tablas relacionadas
 - 7: **end for**
 - ▷ Cálculo de pérdidas por ventilación
 - 8: Solicitar valores de superficie si no están presentes
 - 9: Calcular h para cada superficie basado en promedios de velocidad del viento
 - 10: Calcular pérdidas por irradiación para cada superficie
 - 11: Calcular pérdida en radiadores
 - 12: Sumar todas las pérdidas para obtener pérdidas totales por ventilación
 - 13: Mostrar y registrar los valores de pérdidas por ventilación
 - ▷ Cálculo de pérdidas por convección
 - 14: **for** cada cojinete **do**
 - 15: Calcular pérdidas por convección usando flujo y diferencia de temperatura
 - 16: **end for**
 - 17: Sumar todas las pérdidas por convección
 - 18: Mostrar y registrar los valores de pérdidas por convección
 - ▷ Registrar datos para PowerBI
 - 19: Registrar valores de pérdidas en rangos específicos para PowerBI
-

Una vez que se ingresen los datos de las diferentes tablas, el algoritmo calculará las distintas pérdidas durante esta prueba, y mostrará los resultados en la Tabla que se muestra en la Figura 5.3.

PÉRDIDAS EN EL GIRO MECÁNICO			
PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO			
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE SUPERIOR	KW
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE INFERIOR	KW
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE DE EMPUJE	KW
		TOTAL	KW
PÉRDIDAS POR VENTILACIÓN			
		PÉRDIDAS DE REFRIGERACIÓN DEL GENERADOR	KW
		PÉRDIDAS EN EL DOMO	KW
		PÉRDIDAS EN LA TAPA SUPERIOR	KW
		PÉRDIDAS EN LA TAPA INFERIOR	KW
		PÉRDIDAS EN EL RECINTO DEL GENERADOR	KW
		TOTAL	KW

Figura 5.3: Pérdidas calculadas durante la prueba de giro mecánico. Fuente: Autor

El algoritmo completo implementado para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de Giro Mecánico se puede visualizar en el [Anexo B](#).

5.3. Algoritmo para el cálculo de pérdidas durante la prueba de giro en vacío

Para determinar las pérdidas durante esta prueba, a más de los valores de medición de temperatura, caudal y velocidad de viento conforme las Tablas creadas, es necesario ingresar una serie de valores conforme se explicó en la metodología en Capítulo 3. Para el efecto, se ha creado la interfaz que se muestra en la Figura 5.4.

PRUEBA DE GIRO EN VACÍO		
Parámetros de las Escobillas		
Velocidad angular	<input type="text"/>	v[m/s]
Área combinada	<input type="text"/>	A[cm ²]
Coeficiente de fricción	<input type="text"/>	u
Fuerza Ejercida	<input type="text"/>	p
Caída de Tensión	<input type="text"/>	DeltaU
Parámetros del Generador		
Temperatura del Rotor	<input type="text"/>	°C
Resistencia del Rotor (75°C)	<input type="text"/>	ohm
Voltaje del generador (Vacío)	<input type="text"/>	KV
Voltaje del Generador (Nominal)	<input type="text"/>	KV
Corriente de Excitación	<input type="text"/>	A
<input style="background-color: #0070c0; color: white; padding: 5px 15px; border: none;" type="button" value="CALCULAR PÉRDIDAS"/>		

Figura 5.4: Interfaz para el ingreso de datos para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de giro en vacío. Fuente: Autor

El pseudo código para el cálculo de las pérdidas durante esta prueba se muestra en el Algoritmo 3.

Algoritmo 3 Cálculo de pérdidas en la prueba de giro en vacío

- 1: Inicializar hoja de trabajo "PRUEBA_VACIO"
 - 2: Asignar rangos a las tablas de datos necesarias
 - ▷ Cálculo de promedios de RTD's
 - 3: **for** cada tabla de RTD's **do**
 - 4: Calcular el promedio de cada columna
 - 5: Calcular el promedio de los promedios de las columnas
 - 6: Calcular la diferencia entre promedios de tablas relacionadas
 - 7: **end for**
 - ▷ Cálculo de pérdidas por ventilación
 - 8: Obtener valores de superficie desde hoja "GIRO_MECANICO"
 - 9: Calcular h para cada superficie basado en promedios de velocidad del viento
 - 10: Calcular pérdidas por irradiación para cada superficie
 - 11: Calcular pérdida en radiadores
 - 12: Sumar todas las pérdidas para obtener pérdidas totales por ventilación
 - 13: Mostrar y registrar los valores de pérdidas por ventilación
 - ▷ Cálculo de pérdidas por convección
 - 14: **for** cada cojinete **do**
 - 15: Calcular pérdidas por convección usando flujo y diferencia de temperatura
 - 16: **end for**
 - 17: Sumar todas las pérdidas por convección
 - 18: Mostrar y registrar los valores de pérdidas por convección
 - ▷ Cálculo de pérdidas eléctricas
 - 19: Obtener valores de parámetros eléctricos
 - 20: Calcular pérdidas en el cobre del rotor
 - 21: Calcular pérdidas en las escobillas
 - 22: Calcular pérdidas en el núcleo ajustadas al voltaje nominal
 - 23: Registrar los valores de pérdidas eléctricas
-

Una vez que se ingresen los datos de las diferentes tablas, el algoritmo calculará las distintas pérdidas durante esta prueba y mostrará los resultados en la Tabla que se muestra en la Figura 5.5.

PÉRDIDAS EN LA PRUEBA DE GIRO EN VACÍO				
PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO				
			PÉRDIDAS EN EL COJINETE SUPERIOR	KW
			PÉRDIDAS EN EL COJINETE INFERIOR	KW
			PÉRDIDAS EN EL COJINETE DE EMPUJE	KW
			TOTAL	KW
PÉRDIDAS POR VENTILACIÓN				
			PÉRDIDAS DE REFRIGERACIÓN DEL GENERADOR	KW
			PÉRDIDAS EN EL DOMO	KW
			PÉRDIDAS EN LA TAPA SUPERIOR	KW
			PÉRDIDAS EN LA TAPA INFERIOR	KW
			PÉRDIDAS EN EL RECINTO DEL GENERADOR	KW
			TOTAL	KW
PÉRDIDAS ELÉCTRICAS				
			PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ROTOR	KW
			PÉRDIDAS EN LAS ESCOBILLAS	KW
			PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO	KW
			PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO (AJUSTE VOLTAJE NOMINAL)	KW

Figura 5.5: Pérdidas calculadas durante la prueba de giro en vacío. Fuente: Autor

El algoritmo implementado para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de Giro en Vacío se puede visualizar en el [Anexo C](#).

5.4. Algoritmo para el cálculo de pérdidas durante la prueba de Cortocircuito

Para determinar las pérdidas durante esta prueba, a más de los valores de medición de temperatura, caudal y velocidad de viento conforme las Tablas creadas, es necesario ingresar una serie de valores conforme se explicó en la metodología en el [Capítulo 3](#). Para el efecto, se ha creado la interfaz que se muestra en la Figura 5.6.

PRUEBA DE CORTOCIRCUITO											
DATOS DEL ROTOR			DATOS DEL ESTATOR								
			Fase A		Fase B		Fase C				
Temperatura del Rotor	<input type="text"/>	°C	Temperatura del Estator	<input type="text"/>	°C	Temperatura del Estator	<input type="text"/>	°C	Temperatura del Estator	<input type="text"/>	°C
Resistencia del Rotor (75°C)	<input type="text"/>	ohm	Resistencia del Estator (75°C)	<input type="text"/>	ohm	Resistencia del Estator (75°C)	<input type="text"/>	ohm	Resistencia del Estator (75°C)	<input type="text"/>	ohm
Corriente de Excitación	<input type="text"/>	A	Corriente de Armadura	<input type="text"/>	A	Corriente de Armadura	<input type="text"/>	A	Corriente de Armadura	<input type="text"/>	A
<input type="button" value="CALCULAR PÉRDIDAS"/>											

Figura 5.6: Interfaz para el ingreso de datos para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de cortocircuito. Fuente: Autor

El pseudo código para el cálculo de las pérdidas durante esta prueba se muestra en el Algoritmo 4.

Algoritmo 4 Cálculo de pérdidas durante la prueba de cortocircuito

```
1: procedure CMD_CORTO_CLICK
2:   Inicializar variables para hojas, rangos, y otras variables
3:   Seleccionar hoja "PRUEBA_CORTO"
4:   for cada sección en [domo superficial, domo del medio, ...] do
5:     Establecer rango de datos
6:     Obtener número de filas y columnas del rango
7:     Inicializar arreglo para promedios
8:     for cada columna en el rango do
9:       Calcular promedio de la columna
10:      Almacenar promedio en arreglo
11:    end for
12:    Calcular promedio de los promedios
13:    if es necesario then
14:      Calcular diferencia entre promedios de secciones
15:    end if
16:  end for
17:  for cada conjunto de datos de cojinetes y radiadores do
18:    Establecer rangos de datos
19:    Calcular promedios y diferencias
20:  end for
21:  Calcular pérdidas por ventilación y convección
22:  Calcular pérdidas eléctricas
23:  Asignar valores a celdas en hoja de cálculo
24: end procedure
```

Una vez que se ingresen los datos de las diferentes tablas, el algoritmo calculará las distintas pérdidas durante esta prueba y mostrará los resultados en la Tabla que se muestra en la Figura 5.7.

PÉRDIDAS EN LA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO			
PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO			
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE SUPERIOR	KW
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE INFERIOR	KW
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE DE EMPUJE	KW
		TOTAL	KW
PÉRDIDAS POR VENTILACIÓN			
		PÉRDIDAS DE REFRIGERACIÓN DEL GENERADOR	KW
		PÉRDIDAS EN EL DOMO	KW
		PÉRDIDAS EN LA TAPA SUPERIOR	KW
		PÉRDIDAS EN LA TAPA INFERIOR	KW
		PÉRDIDAS EN EL RECINTO DEL GENERADOR	KW
		TOTAL	KW
PÉRDIDAS ELÉCTRICAS			
		PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ROTOR	KW
		PÉRDIDAS EN LAS ESCOBILLAS	KW
		PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ESTATOR FASE A	KW
		PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ESTATOR FASE B	KW
		PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ESTATOR FASE C	KW
		PÉRDIDAS TOTALES EN EL COBRE DEL ESTATOR	KW
		PÉRDIDAS ADICIONALES	KW

Figura 5.7: Pérdidas Calculadas durante la prueba de Cortocircuito. Fuente: Autor

El algoritmo completo implementado para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de potencia nominal se puede visualizar en el [Anexo D](#).

5.5. Algoritmo para el cálculo de pérdidas durante la prueba de potencia nominal

Para determinar las pérdidas durante esta prueba, a más de los valores de medición de temperatura, caudal y velocidad de viento conforme las Tablas creadas, es necesario ingresar una serie de valores conforme se explicó en la metodología en el [Capítulo 3](#). Para el efecto, se ha creado la interfaz que se muestra en la figura 5.8:

PRUEBA DE POTENCIA NOMINAL											
DATOS DEL ROTOR			DATOS DEL ESTATOR								
			Fase A		Fase B		Fase C				
Temperatura del Rotor	<input type="text"/>	°C	Temperatura del Estator	<input type="text"/>	°C	Temperatura del Estator	<input type="text"/>	°C	Temperatura del Estator	<input type="text"/>	°C
Resistencia del Rotor (75°C)	<input type="text"/>	ohm	Resistencia del Estator (75°C)	<input type="text"/>	ohm	Resistencia del Estator (75°C)	<input type="text"/>	ohm	Resistencia del Estator (75°C)	<input type="text"/>	ohm
Corriente de Excitación	<input type="text"/>	A	Corriente de Armadura	<input type="text"/>	A	Corriente de Armadura	<input type="text"/>	A	Corriente de Armadura	<input type="text"/>	A
<input type="button" value="CALCULAR PÉRDIDAS"/>											

Figura 5.8: Interfaz para el ingreso de datos para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de potencia nominal. Fuente: Autor

El pseudo código para el cálculo de las pérdidas durante esta prueba se muestra en el Algoritmo 5.

Algoritmo 5 Cálculo de pérdidas en la prueba a potencia nominal

```
1: procedure CMD_NOMINAL_CLICK
2:   Inicializar variables para hojas, rangos y otras variables
3:   Seleccionar hoja "PRUEBA_NOMINAL"
4:   for cada sección en [domo superficial, domo del medio, tapa superior,
   etc.] do
5:     Establecer rango de datos
6:     Obtener número de filas y columnas del rango
7:     Inicializar arreglo para promedios
8:     for cada columna en el rango do
9:       Calcular promedio de la columna
10:      Almacenar promedio en arreglo
11:    end for
12:    Calcular promedio de los promedios
13:    if es necesario then
14:      Calcular diferencia entre promedios de secciones
15:    end if
16:  end for
17:  for cada conjunto de datos de cojinetes y radiadores do
18:    Establecer rangos de datos
19:    Calcular promedios y diferencias
20:  end for
21:  Calcular pérdidas por ventilación y convección
22:  Calcular pérdidas eléctricas
23:  Asignar valores a celdas en hoja de cálculo
24: end procedure
```

Una vez que se ingresen los datos de las diferentes tablas, el algoritmo calculará las distintas pérdidas durante esta prueba y mostrará los resultados en la Tabla que se muestra en la Figura 5.9.

PÉRDIDAS EN LA PRUEBA DE POTENCIA NOMINAL				
PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO				
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE SUPERIOR		KW
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE INFERIOR		KW
		PÉRDIDAS EN EL COJINETE DE EMPUJE		KW
		TOTAL		KW
PÉRDIDAS POR VENTILACIÓN				
		PÉRDIDAS DE REFRIGERACIÓN DEL GENERADOR		KW
		PÉRDIDAS EN EL DOMO		KW
		PÉRDIDAS EN LA TAPA SUPERIOR		KW
		PÉRDIDAS EN LA TAPA INFERIOR		KW
		PÉRDIDAS EN EL RECINTO DEL GENERADOR		KW
		TOTAL		KW
PÉRDIDAS ELÉCTRICAS				
		PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ROTOR		KW
		PÉRDIDAS EN LAS ESCOBILLAS		KW
		PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ESTATOR FASE A		KW
		PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ESTATOR FASE B		KW
		PÉRDIDAS EN EL COBRE DEL ESTATOR FASE C		KW
		PÉRDIDAS TOTALES EN EL COBRE DEL ESTATOR		KW

Figura 5.9: Pérdidas calculadas durante la prueba de potencia nominal. Fuente: Autor

El algoritmo completo implementado para el cálculo de las pérdidas durante la prueba de potencia nominal se puede visualizar en el [Anexo E](#).

5.6. Algoritmo para el cálculo de la eficiencia mediante pérdidas segregadas usando el método calorimétrico

En el programa, se incluye una hoja de cálculo adicional llamada: EXCITACIÓN_GENERADOR. En ella se deberán ingresar los valores medidos en la excitación durante la prueba de potencia nominal: así como los parámetros del generador que permitirán determinar la eficiencia ponderada a distintos valores

de carga. En la Figura 5.10 y la Figura 5.11 se muestran las tablas creadas para ingresar estos valores.

PÉRDIDAS DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN												
	P (KW)	Q (KVar)	P. F.	U _{AB} (KV)	U _{BC} (KV)	U _{CA} (KV)	I _A (A)	I _B (A)	I _C (A)	UF (V)	If (A)	Pérdida Exc (KW)
100%												
90%												
80%												
70%												
60%												
50%												

Figura 5.10: Interfaz para el ingreso de valores para el cálculo de la eficiencia de la excitación. Fuente: Autor

PARÁMETROS DEL GENERADOR							
	50% Pn	60% Pn	70% Pn	80% Pn	90% Pn	100% Pn	
P (MW)							
Q (MVAR)							
cos φ							
UAB (V)							
UBC (V)							
UCA (V)							
IA (A)							
IB (A)							
IC (A)							
UFD (V)							
IFD (V)							

Figura 5.11: Interfaz para el ingreso de parámetros del generador. Fuente: Autor

Una vez ingresados todos los datos correspondientes, al dar click sobre el botón **CALCULAR EFICIENCIA**, ubicado en la presente hoja de cálculo se recopilará todos los valores de pérdidas calculados en las distintas pruebas y se determinará la eficiencia final conforme los datos ingresados.

El pseudo código para el cálculo de las pérdidas durante esta prueba se muestra en el Algoritmo 6.

Algoritmo 6 Cálculo de Eficiencia del Generador

- 1: **procedure** CMD_EFICIENCIA_CLICK
 - 2: Inicializar variables para hojas, rangos y otras variables
 - 3: Seleccionar hoja ".EXCITACIÓN_GENERADOR"
 - 4: Obtener valores de corriente y voltaje a diferentes porcentajes de carga
 - 5: Calcular pérdidas en la excitación a diferentes porcentajes de carga
 - 6: Asignar valores calculados a la hoja ".EXCITACION_GENERADOR"
 - 7: Seleccionar hoja "GIRO_MECANICO"
 - 8: Obtener valores de pérdidas por ventilación y convección
 - 9: Seleccionar hoja "PRUEBA_VACIO"
 - 10: Obtener valor de pérdidas nucleares
 - 11: Seleccionar hoja "PRUEBA_CORTO"
 - 12: Obtener valor de pérdidas adicionales
 - 13: Seleccionar hoja "PRUEBA_NOMINAL"
 - 14: Obtener valores de pérdidas en el cobre del rotor y estator, y pérdidas en las escobillas
 - 15: Calcular pérdidas totales a potencia nominal
 - 16: Asignar valores de pérdidas totales a la hoja ".EXCITACION_GENERADOR"
 - 17: Calcular pérdidas totales a diferentes valores de potencia nominal
 - 18: Asignar valores de pérdidas totales a diferentes potencias a la hoja ".EXCITACION_GENERADOR"
 - 19: Calcular eficiencias totales y ponderadas
 - 20: Asignar valores de eficiencia a la hoja ".EXCITACION_GENERADOR"
 - 21: **end procedure**
-

El algoritmo completo implementado para el cálculo de la Eficiencia Median- te pérdidas segregadas usando el método calorimétrico se puede visualizar en el Anexo F.

5.7. Interfaz de presentación de resultados

Las hojas de cálculo si bien sirven como un efectivo método para ingresar y manipular datos, las mismas no permiten presentar los resultados en una Interfaz Gráfica que permita al usuario evaluador, y sobre todo al cliente final evidenciar de una manera rápida y sencilla las diferentes pérdidas para la toma de decisiones que es en sí el objetivo intrínseco del presente proyecto. Es por eso, y valiéndonos de las tablas dinámicas creadas inicialmente, que con la ayuda del Software Power BI perteneciente a Microsoft, sin licencia, que se ha desarrollado una Dashboard interactivo enlazado directamente con las hojas de cálculo creadas el mismo que mostrará y generará un reporte Gráfico con un resumen de las distintas pérdidas encontradas, y el cálculo final de la Eficiencia del Generador.

En las Figuras 5.12 y 5.12 , se presentan dos láminas con el resumen ejecutivo de las pérdidas calculadas y la eficiencia determinada diseñados en Power BI para el algoritmo implementado.

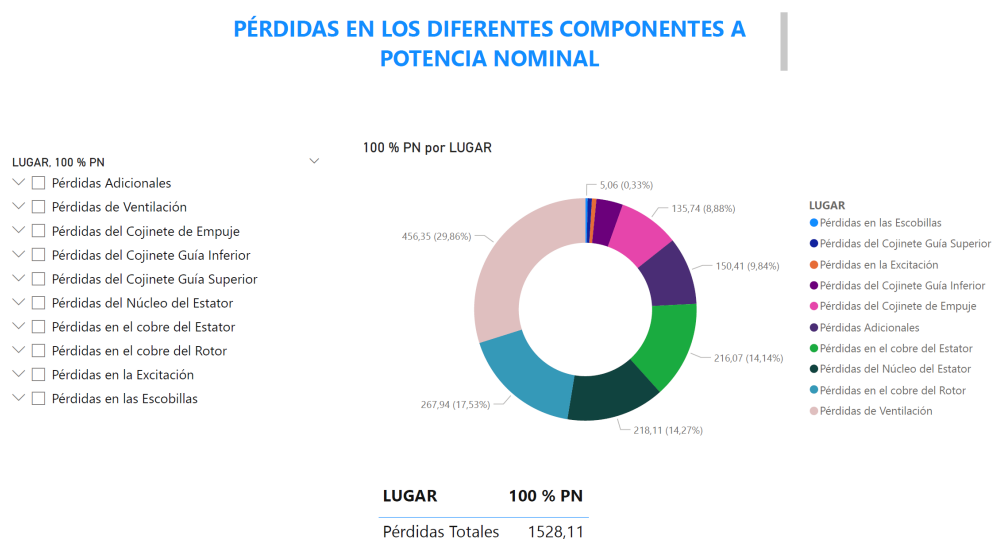


Figura 5.12: Presentación en Power BI de pérdidas en los diferentes componentes a potencia nominal. Fuente: Autor

EFICIENCIA CALCULADA

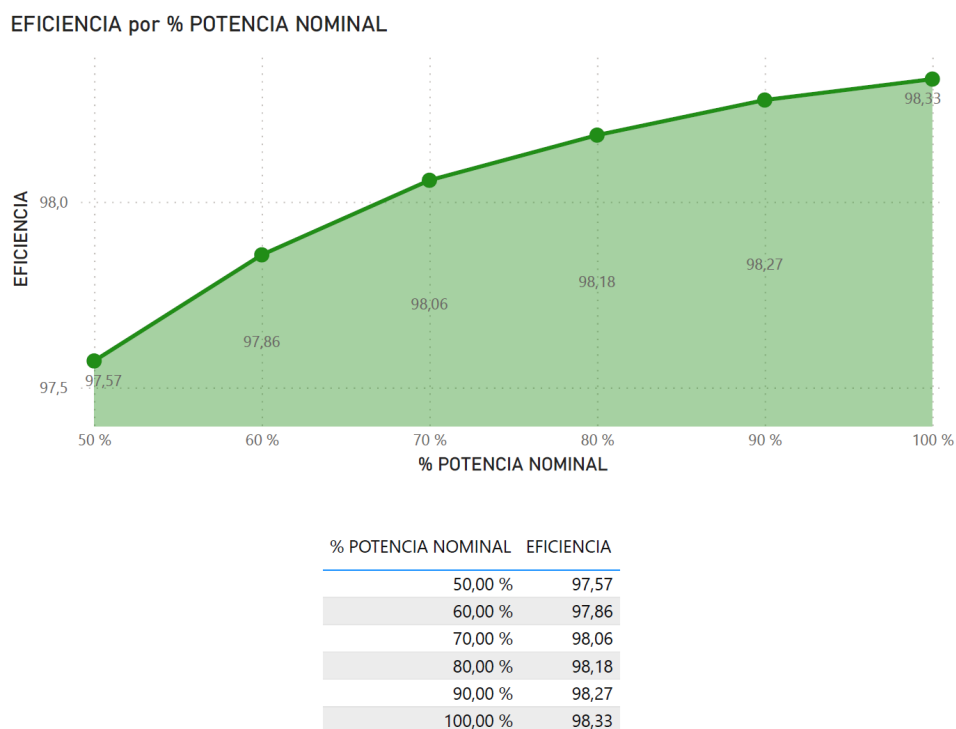


Figura 5.13: Presentación en Power BI de la eficiencia calculada. Fuente: Autor

Power BI también permite generar reportes y subir a la nube la presentación, permitiendo de esta manera compartir información de una manera más sencilla y ágil con el cliente final. Adicionalmente el programa permite generar reportes completos en PDF. El *Dashboard* para el cálculo de eficiencia detallado se presenta en el [Anexo G](#).

Capítulo 6

Análisis de resultados

El algoritmo implementado para determinar la eficiencia mediante la determinación de pérdidas, utilizando el método calorimétrico de un generador síncrono de polos salientes se ha realizado siguiendo las recomendaciones de los estándares IEC 60034-2:1974 [11], IEC 60034-2-1:2007 [10], IEC 60034-2-2:2010 [12], los cuales son desarrollados por la C.E.I Comisión Electrotécnica Nacional, organismo altamente reconocido en Europa y el Mundo como uno de los principales desarrolladores de estándares dentro del sector eléctrico, lo que de por sí ya avala la efectividad de algoritmo en la determinación de la eficiencia. Sin embargo, como alcance del presente trabajo de titulación, se ha propuesto ingresar los datos de eficiencia de un generador síncrono de polos salientes instalado en el parque eléctrico ecuatoriano, para de esta forma analizarlos mediante el algoritmo implementado, comparándolos con el reporte de eficiencia previamente realizado y avalado de un generador ya instalado. Para el efecto, en cooperación con la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEP EP Unidad de Negocio CELECSUR, se han podido obtener los informes de ensayo de eficiencia [Anexo H.](#), durante la fase de puesta en marcha de la Central Hidroeléctrica Minas San Francisco, la cual consta de tres generadores síncronos de polos salientes de eje vertical con una potencia de 90 MW cada uno.

La metodología de evaluación es sencilla, con la data obtenida de los registros de ensayo de eficiencia proporcionados por la CELEC EP, se ingresa la información requerida en las diferentes tablas creadas para el efecto por el algoritmo implementado tal como se detalla en el [Capítulo 5](#). El algoritmo, automáticamente calculará las diferentes pérdidas y emitirá los resultados finales para ser comparados con el informe proporcionado.

6.1. Ingreso de información

Lo primero a detallar son los puntos de medición en donde se disiparán las pérdidas tal como se detalla en el [Capítulo 4](#) del presente documento. El reporte de eficiencia detalla en la [Figura 6.1](#) los puntos de medición para determinar las

pérdidas disipadas en la superficie del generador, 24 para este caso en concreto; sin embargo, los puntos 5,6,7,8 son utilizados para determinar el Δt tanto para los puntos de la superficie de la tapa superior como del domo, por lo cual pueden considerarse 4 puntos adicionales sumando un total de 28 puntos.

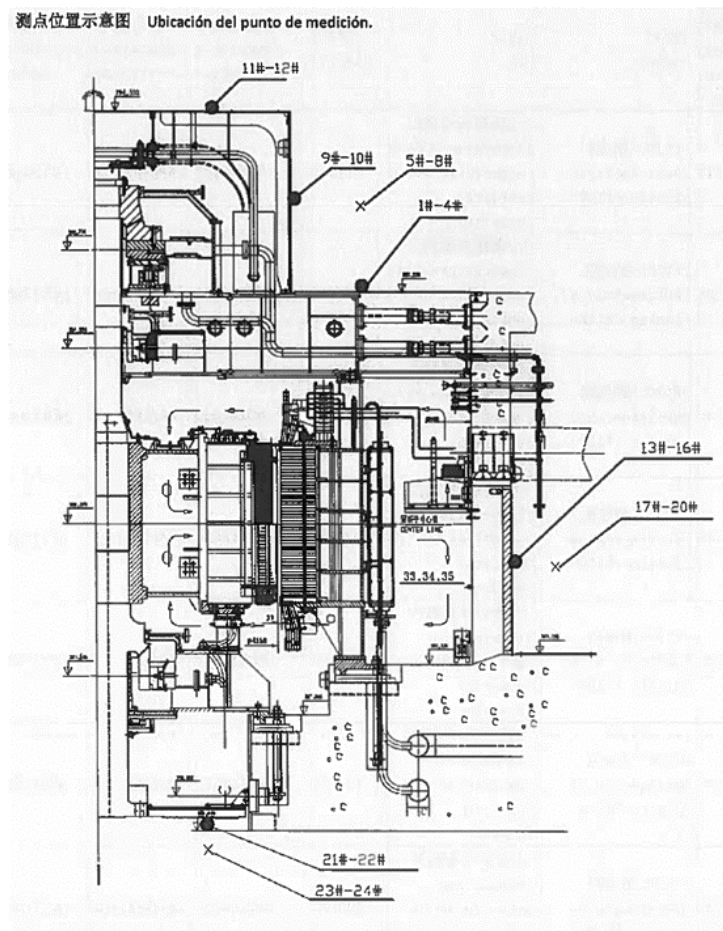


Figura 6.1: Ubicación de puntos de medición en la superficie del generador.
Fuente: Informe CELEC EP H

En la Tabla 6.1 se resume las ubicaciones de los puntos en donde serán colocadas las RTD's para la determinación de las pérdidas disipadas en la superficie del generador.

De igual manera, el informe detalla los puntos de medición para la determinación de pérdidas disipadas en los medios de refrigeración, identificando 4 puntos.

La Tabla 6.2 resume la cantidad de medidores necesarios para realizar la determinación de las pérdidas disipadas en los medios de refrigeración propuestos en el informe de CELEC EP.

Esta información es crucial para la determinación de la eficiencia utilizando

Tabla 6.1: Instrumentos Utilizados para la Determinación de Pérdidas Disipadas en la Superficie. Fuente: Autor

Instrumentos utilizados para la determinación de pérdidas disipadas en la superficie		
Lugar	Instrumento	Cantidad
DOMO	RTD PT100	8
TAPA SUPERIOR	RTD PT100	8
RECINTO	RTD PT100	8
TAPA INFERIOR	RTD PT100	4

Tabla 6.2: Instrumentos Utilizados para la Determinación de Pérdidas Disipadas en los medios de refrigeración. Fuente: Autor

Instrumentos utilizados para la determinación de pérdidas disipadas en los medios de refrigeración		
Lugar	Instrumento	Cantidad
COJINETE SUPERIOR	RTD PT100	2
COJINETE INFERIOR	RTD PT100	2
COJINETE DE EMPUJE	RTD PT100	2
RADIADORES	RTD PT100	2
COJINETE SUPERIOR	CAUDALÍMETRO	1
COJINETE INFERIOR	CAUDALÍMETRO	1
COJINETE DE EMPUJE	CAUDALÍMETRO	1
RADIADORES	CAUDALÍMETRO	1

el algoritmo implementado, debido a que al ingresar los valores de los puntos de medición se generan las diferentes tablas en donde se ingresa la información de los valores medidos durante las diferentes pruebas.

Una vez que se tienen las tablas listas para el ingreso de información, es necesario introducir los datos conforme se describe en el informe de eficiencia de la CELEC EP.

Adicionalmente, para evaluar las pérdidas durante las distintas pruebas utilizando la metodología detallada en el presente documento, es necesario ingresar una información adicional, en las Tablas 6.3, 6.4, ??, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13 se presenta un resumen de los datos necesarios y localizados en el informe de CELEC EP Anexo H.

6.1.1. Datos adicionales de la prueba de giro mecánico

Durante la prueba de giro mecánico, para la evaluación de las pérdidas por fricción, es necesario según la ecuación 3.3 conocer el valor en metros cuadrados de

la superficie a ser evaluada. En la Tabla 6.3, se presentan las superficies en m^2 del recinto del generador conforme los datos del informe de CELEC EP Anexo H.

Tabla 6.3: Datos de la superficie del recinto del Generador. Fuente: Autor

LUGAR	SUPERFICIE m^2
DOMO	54
TAPA SUPERIOR	50
RECINTO	130
TAPA INFERIOR	10

6.1.2. Datos adicionales de la prueba de giro en vacío

Durante la prueba de giro en vacío, para la evaluación de las pérdidas en el devanado de campo, es necesario según la ecuación 3.8 conocer los valores la temperatura del rotor, resistencia del rotor, voltaje del generador al vacío, voltaje nominal, y corriente de excitación, estos valores se presentan en la Tabla 6.4 conforme los datos del informe de CELEC EP Anexo H.

Adicionalmente, en esta prueba también es necesario evaluar las pérdidas en las escobillas. Según las ecuaciones 3.12 3.11, para determinar este tipo de pérdidas se debe conocer los valores de la velocidad angular a la que giran las escobillas, el área combinada del conjunto de escobillas, el coeficiente de fricción entre las escobillas y el anillo rozante, la fuerza ejercida de presión de las escobillas, y el coeficiente de caída de tensión para el tipo de escobillas utilizadas. En la Tabla 6.5, se muestran estos valores obtenidos del informe de CELEC EP Anexo H.

Tabla 6.4: Parámetros de las escobillas. Fuente: Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Velocidad angular	24.32	$V \left[\frac{m}{s} \right]$
Área combinada	304	$A [cm^2]$
Coefficiente de fricción	0.2	u
Fuerza ejercida	1.8	p
Caída de tensión	1	ΔU

Tabla 6.5: Parámetros del generador. Fuente: Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del rotor	—	°C
Resistencia del rotor (75°)	0.17680608	Ω
Voltaje del generador (vacío)	13.788333	kV
Voltaje del generador (nominal)	13.8	kV
Corriente de excitación	664.84	A

6.1.3. Datos adicionales de la prueba de cortocircuito

En esta prueba es necesario determinar las pérdidas tanto el devanado de campo como de armadura. Para el devanado de campo es necesario según la ecuación 3.8 conocer los valores la temperatura del rotor, resistencia del rotor, y corriente de excitación, estos valores se presentan en la Tabla 6.6 conforme los datos del informe de CELEC EP Anexo H.

De igual manera, para determinar las pérdidas en el devanado de armadura, según la ecuación 3.14 es necesario ingresar los valores de resistencia de armadura de las 3 fases, corriente de armadura y la temperatura del estator, estos valores se presentan conforme el informe de CELEC EP Anexo H en las Tablas 6.7, 6.8 y 6.9.

Tabla 6.6: Datos del Rotor Durante la Prueba de Cortocircuito. Fuente: Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del rotor	—	°C
Resistencia del rotor (75°)	0.17680608	Ω
Corriente de excitación	664.84	A

Tabla 6.7: Datos del estator durante la prueba de cortocircuito fase A. Fuente:
Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del estator	68	°C
Resistencia del estator (75°)	0.004048064	Ω
Corriente de armadura	4184.3333	A

Tabla 6.8: Datos del estator durante la prueba de cortocircuito fase B. Fuente:
Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del estator	68	°C
Resistencia del estator (75°)	0.004048543	Ω
Corriente de armadura	4171.4333	A

Tabla 6.9: Datos del estator durante la prueba de cortocircuito fase C. Fuente:
Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del estator	68	°C
Resistencia del estator (75°)	0.004054951	Ω
Corriente de armadura	4171.8333	A

6.1.4. Datos adicionales en de la prueba de potencia Nominal

Para encontrar las pérdidas a valores nominales del devanado de campo y de armadura durante esta prueba, conforme las ecuaciones 3.8 y 3.14 es necesario definir los valores de corrientes de armadura y campo, temperaturas de devanado y campo además la resistencias . En las Tablas 6.10 6.11 6.12 6.13 se detallan estos valores conforme los datos del informe de CELEC EP Anexo H.

Tabla 6.10: Datos del rotor durante la prueba de potencia nominal. Fuente: Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del rotor	—	°C
Resistencia del rotor (75°)	0.17680608	Ω
Corriente de excitación	664.84	A

Tabla 6.11: Datos del estator durante la prueba de potencia nominal fase A. Fuente: Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del estator	81	°C
Resistencia del estator (75°)	0.004048064	Ω
Corriente de armadura	4184.3333	A

Tabla 6.12: Datos del estator durante la prueba de potencia nominal fase B. Fuente: Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del estator	81	°C
Resistencia del estator (75°)	0.004048543	Ω
Corriente de armadura	4171.4333	A

Tabla 6.13: Datos del estator durante la prueba de potencia nominal fase C.

Fuente: Autor

Descripción	Valor	Unidad de medida
Temperatura del estator	81	°C
Resistencia del estator (75°)	0.004054951	Ω
Corriente de armadura	4171.8333	A

En los datos adicionales que necesita el algoritmo para calcular la eficiencia no existe el valor de temperatura del rotor, dado que la metodología de cálculo de la pérdida en el cobre del bobinado de campo detallado en el informe de la eficiencia de la CELEC EP Anexo H varía en lo que respecta a la resistencia del bobinado. En el informe se ajusta el valor de la resistencia del bobinado a la temperatura de 75 ° C y toman como referencia el valor de resistencia del bobinado durante las pruebas de la puesta en marcha de la máquina. Por el contrario, en el algoritmo implementado, el valor de temperatura del rotor es necesario, dado que el mismo servirá para determinar las pérdidas en el bobinado de campo conforme la temperatura a la que se llega durante la prueba.

Al no tener el valor de medición de la temperatura del rotor, es posible aproximarlos mediante la ecuación 6.1 definida en el estándar IEEE 115-2019 utilizando los valores de voltaje y corriente de campo medidas durante las pruebas las cuales si se detallan en el informe.

$$T_{rot} = \frac{R_T}{R_{ref} \cdot \alpha} + T_{ref} - \frac{1}{\alpha}, \quad (6.1)$$

donde:

T_{rot} temperatura del rotor durante la prueba

R_T resistencia a la temperatura deseada

$$R_T = \frac{\text{Voltaje de campo}}{\text{Corriente de campo}} \quad (6.2)$$

R_{ref} resistencia conocida a la temperatura de referencia

T_{ref} temperatura de referencia

α es el coeficiente de temperatura del material ($\alpha = 0.00393$ para el cobre)

Aplicando la ecuación 6.1 más la información proporcionada en el informe de CELEC EP Anexo H se puede calcular la resistencia del rotor a la temperatura de la prueba. En la Tabla 6.14 se resumen los valores de resistencia obtenidos para las diferentes pruebas.

Tabla 6.14: Temperatura del Rotor para las distintas pruebas. Fuente: Autor

PRUEBA	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
PRUEBA DE GIRO EN VACÍO	58.23	°C
PRUEBA DE CORTOCIRCUITO	56.77	°C
PRUEBA A POTENCIA NOMINAL	90.83	°C

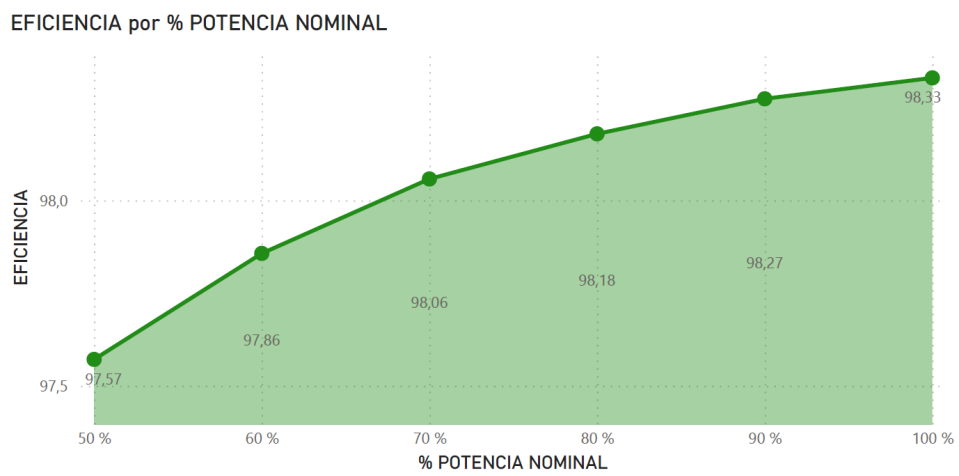
6.2. Datos determinados con el algoritmo implementado

Una vez que se dispone de toda la información necesaria, el algoritmo calculará automáticamente las pérdidas en conjunto con la eficiencia final para el generador evaluado. En las Figuras 6.2 y 6.3 se presenta los valores obtenidos.

LUGAR	100 % PN	90 % PN	80 % PN	70 % PN	60 % PN	50 % PN
Pérdidas en las Escobillas	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06
Pérdidas del Cojinete Guía Superior	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48
Pérdidas en la Excitación	9,98	8,70	7,92	6,81	6,54	5,87
Pérdidas del Cojinete Guía Inferior	58,97	58,97	58,97	58,97	58,97	58,97
Pérdidas del Cojinete de Empuje	135,74	135,74	135,74	135,74	135,74	135,74
Pérdidas Adicionales	150,41	121,83	96,26	73,70	54,15	37,60
Pérdidas en el cobre del Estator	216,07	172,33	136,16	104,25	76,59	53,19
Pérdidas del Núcleo del Estator	218,11	218,11	218,11	218,11	218,11	218,11
Pérdidas en el cobre del Rotor	267,94	235,99	210,99	179,25	161,48	139,70
Pérdidas de Ventilación	456,35	456,35	456,35	456,35	456,35	456,35
Pérdidas Totales	1528,11	1422,56	1335,05	1247,72	1182,47	1120,07

Figura 6.2: Pérdidas determinadas mediante el algoritmo implementado fuente: Autor

EFICIENCIA CALCULADA



% POTENCIA NOMINAL	EFICIENCIA
50,00 %	97,57
60,00 %	97,86
70,00 %	98,06
80,00 %	98,18
90,00 %	98,27
100,00 %	98,33

Figura 6.3: Valores de Eficiencia determinados por el Algoritmo implementado Fuente: Autor

6.3. Datos determinados en el informe de eficiencia

El informe de CELEC EP , presenta un resumen a manera de tablas con los resultados obtenidos durante su evaluación de la eficiencia. Las Figuras 6.4 y 6.5 presentan estos resultados.

Tabla 6-29 Cada pérdida (kW) y eficiencia (%) de generador						
负载 Carga		100%PN	90%PN	80%PN	70%PN	60%PN
视在功率 Potencia aparente S	MV A	100	90	80	70	60
有功功率 Potencia activa P	MW	90	81	72	63	54
无功功率 Potencia reactiva Q	MVar	43.58	39.23	34.87	30.51	26.15
功率因数 Factor de potencia $\cos\phi$		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
定子电压 Tensión de estator U	V	13800	13800	13800	13800	13800
定子电流 Corriente de estator I	A	4183.7	3765.33	3346.96	2928.59	2510.22
励磁电流 Corriente de excitación If	A	1198.8	1155.3	1092.4	1006.9	955.69
损耗 Pérdida						
通风损耗 Pérdida de ventilación	kW	459.420	459.420	459.420	459.420	459.420
上导轴承损耗 Pérdida de cojinete de guía superior	kW	15.090	15.090	15.090	15.090	15.090
下导轴承损耗 Pérdida de cojinete de guía inferior	kW	60.400	60.400	60.400	60.400	60.400
推力轴承损耗 Pérdida de cojinete de empuje	kW	117.910	117.910	117.910	117.910	117.910
集电环损耗 Pérdida de anillo deslizante	kW	2.398	2.311	2.185	2.014	1.911
集电环摩擦损耗 Pérdida de fricción de los anillos deslizantes	kW	2.661	2.661	2.661	2.661	2.661
定子铜耗 Pérdida de cobre de estator	kW	216.961	175.747	138.855	106.311	78.106
铁耗 Pérdida de núcleo de estator	kW	220.86	220.86	220.86	220.86	220.86
转子铜耗 Pérdida de devanado de rotor	kW	245.072	227.609	203.499	172.891	155.752
励磁系统损耗 Pérdida de sistema de excitación	kW	9.985	8.704	7.920	6.807	6.541
杂散损耗 Pérdidas varias	kW	142.75	115.628	91.36	69.948	51.39
总损耗 Pérdidas totales	kW	1493.51	1406.34	1320.16	1234.31	1170.04
效率实测值 %		98.37	98.29	98.20	98.08	97.88

Figura 6.4: Resumen del cálculo pérdidas durante las pruebas Fuente: Informe de CELEC EP [H](#)

Tabla 6-31 Medición de eficiencia de generador con factor de eficiencia 0.9

工况 Condición de la prueba	效率 Eficiencia
100%P _N ,90 MW, cosφ0.9	98.37%
90%P _N ,81 MW, cosφ0.9	98.29%
80%P _N ,72MW, cosφ0.9	98.20%
70%P _N ,63 MW, cosφ0.9	98.08%
60%P _N ,54 MW, cosφ0.9	97.88%

Figura 6.5: Eficiencias Ponderadas Fuente: Informe de CELEC EP H

6.4. Comparación de resultados

A continuación, se presenta una tabla comparativa entre los valores de las pérdidas a potencia Nominal entre el algoritmo implementado y el informe de Eficiencia de CELEC EP Tabla 6.15.

Tabla 6.15: Variación Porcentual de Pérdidas en los diferentes Componentes del Generador Fuente: Autor

LUGAR	PÉRDIDAS ALGORITMO	PÉRDIDAS INFORME	VARIACIÓN PORCENTUAL
Pérdidas de Ventilación	456.349	459.420	0.67 %
Pérdidas del Cojinete Guía Superior	9.484	15.090	37.15 %
Pérdidas del Cojinete Guía Inferior	58.968	60.400	2.37 %
Pérdidas del Cojinete de Empuje	135.737	117.910	15.12 %
Pérdidas del Núcleo del Estator	218.110	220.860	1.25 %
Pérdidas Adicionales	150.406	142.750	5.36 %
Pérdidas en el cobre del Rotor	267.936	245.072	9.33 %
Pérdidas en el cobre del Estator	216.067	220.860	2.17 %
Pérdidas en las Escobillas	5.063	5.059	0.08 %
Pérdidas en la Excitación	9.985	9.985	0.00 %
Pérdidas Totales	1528.105	1493.510	2.32 %

En la Tabla 6.15 se puede observar tres valores cuya variación porcentual es considerablemente alto con respecto al resto; estos valores corresponden a las siguientes pérdidas: Las pérdidas en el cojinete guía superior, las pérdidas en el cojinete de Empuje y las pérdidas en el cobre del rotor, se ha revisado la Data y se ha podido obtener las siguientes definiciones del por qué la diferencia marcada en estos tres valores:

Pérdidas del Cojinete Guía superior. - Revisando el informe de Eficiencia de la CELEC EP, en el apartado de pérdida de Cojinete, “cojinete de empuje” se toma como referencia de diferencial de temperatura de agua las mediciones realizadas durante la prueba de potencia Nominal, mientras que el estándar IEC 60034-2-2:2010 [12] en el que se basa el algoritmo detalla que las pérdidas de fricción deben tomarse como referencia durante la prueba de giro mecánico, es debido a esto que,

al haber una mayor variación de temperatura, tomando en consideración lo detallado en la ecuación 3.2 en el apartado 3.1.2, mayor serán las pérdidas disipadas. Esta es la razón del por que hay una variación porcentual de 37.15 %.

Pérdidas del Cojinete Guía de Empuje. – El estándar IEC 60034-2-2:2010 [12] define en el apartado 7.3.4 la forma de cálculo de las pérdidas en este cojinete, la misma que al igual que en el caso del cálculo de pérdidas por fricción disipadas en un medio refrigerante, se determina en base a la ecuación 3.2 descrita en el apartado 3.1.2. El valor obtenido en CELEC EP en una primera instancia es de 137.46 KW valor notoriamente similar al obtenido por el algoritmo implementado que es de 135.737; sin embargo, en el informe se detalla que se realiza un ajuste a este valor dado que es necesario descontar de estas pérdidas los valores provocados por el peso del eje y del rodete de la turbinina, dando así un valor de 117.91 que dista del obtenido por el algoritmo implementado.

Pérdidas en el cobre del Rotor. - Otro valor que dista del obtenido mediante el algoritmo implementado con una variación de 9.33 % es el del cobre del rotor. Como se mencionó en el apartado 6.1.3 del presente capítulo, los valores de temperatura del rotor no estaban disponibles en el informe Proporcionado por CELEC EP, por lo que se realizó un cálculo de la temperatura del rotor a las condiciones de la prueba teniendo como referencia el voltaje y la corriente de campo, dando como resultado un valor de temperatura del Rotor de 90.83 ° C, los cuales distan del valor de temperatura de referencia del rotor de 75 ° C que se utiliza en el informe. Al ser mayor la resistencia del rotor calculada, el valor la resistencia óhmica aumentará conforme la ecuación 3.9, provocando de esta manera un aumento de las pérdidas en el cobre conforme se detalla en la ecuación 3.8.

Existe una variación porcentual de alrededor de 1 y 2 % en el resto de las pérdidas determinadas mediante el algoritmo implementado, las cuales pueden deberse en una primera instancia a que en el informe de CELEC EP, se toman cuatro valores de temperatura en cada punto, mientras que el algoritmo está diseñado para tomar únicamente 3 valores de temperatura, es por eso que puede haber una pequeña variación, sin embargo, la misma no es representativa en la valoración final de la eficiencia.

Al existir variaciones porcentuales considerables en algunas pérdidas determinadas con el algoritmo, es de suponer que las mismas influyan en el cálculo final de la eficiencia conforme la ecuación 2.20, tal y como se observa en la Tabla 6.16.

Tabla 6.16: Variación Porcentual de Eficiencia Fuente: Autor

% PN	Eficiencia Algoritmo	Eficiencia Informe	Variación Porcentual
100 %	98.33	98.37	0.040 %
90 %	98.27	98.29	0.016 %
80 %	98.18	98.2	0.021 %
70 %	98.06	98.08	0.022 %
60 %	97.86	97.88	0.023 %

Como se puede evidenciar en la Tabla 6.16 tanto la eficiencia calculada con el algoritmo implementado, así como en el informe de eficiencia de CELEC EP, a medida que el generador reduce su nivel de potencia, la eficiencia de este disminuye. Esto se debe principalmente a que, si bien las pérdidas variables se reducen, existen pérdidas fijas correspondientes a las mecánicas y de vacío. Las pérdidas fijas no disminuyen con la reducción de la carga, razón por la cual la eficiencia disminuye. Este efecto se puede analizar en el resumen de pérdidas en la Figura 6.4.

Capítulo 7

Conclusiones y recomendaciones

La determinación de la eficiencia de un generador síncrono en una central hidroeléctrica es un parámetro muy importante al momento de comprobar la calidad del generador evaluado. Este parámetro permitirá garantizar que el generador haya sido diseñado, fabricado y ensamblado conforme a los criterios de calidad exigidos por parte del propietario o usuario final.

La determinación de la eficiencia de un generador síncrono de polos salientes de una central hidroeléctrica de una manera directa no es sencilla debido al tamaño de la máquina, la cual limita que se pueda medir especialmente la potencia mecánica de ingreso, ya que se necesitaría de un acople a una unidad motora capaz de emular la potencia mecánica de la turbina hidráulica, necesitándose de esta manera no solamente tiempo, si de una cantidad de recurso considerable para obtener este dato tan importante.

La mejor manera para determinar la eficiencia de un generador síncrono de polos salientes de eje vertical para una central hidroeléctrica, en lo referente a la facilidad de la medida y su incertidumbre, es mediante el método de pérdidas segregadas utilizando el método calorimétrico tal y como se detalla en el estándar IEC 60034-2-2:2010 [12] en el apartado 5.3 Preferred Methods.

Para una adecuada determinación de pérdidas de la máquina síncrona y posterior evaluación de la eficiencia, parte fundamental consiste en determinar los puntos donde se disiparán las pérdidas en forma de calor, bien sea por convección en los medios refrigerantes, o por radiación a las superficies circundantes del generador. Este particular influirá directamente en el resultado final de la eficiencia, razón por la cual, el evaluador deberá realizar un estudio previo con los planos constructivos del generador en donde determinará los lugares y las cantidades de puntos de medición tal como se detalla en el **Capítulo 4**.

Otro punto igual de relevante consiste en ubicar los puntos de medición. En la selección de la instrumentación para medir las diferentes variables, el evaluador deberá disponer de la instrumentación adecuada conforme a lo descrito en el **Capítulo 4** del presente trabajo antes de su utilización para la determinación de las pérdidas.

El programa ha sido desarrollado utilizando el lenguaje de programación VBA, optimizando así el proceso de ingreso de datos. VBA, al integrarse directamente con hojas de cálculo, permite la creación, modificación y ajuste eficiente de tablas. Esta característica es fundamental, especialmente considerando la voluminosa cantidad de información manejada. Además, es difícil encontrar otro entorno gráfico que ofrezca una interfaz de usuario igualmente eficaz o superior para el manejo de este tipo de datos.

El programa está diseñado conforme a los estándares IEC 60034-2-A:1974 [11], IEC 60034-2-1:2007 [10], y IEC 60034-2-2:2010 [12] principalmente. Sin embargo, se ha utilizado también para la parte de instrumentación el estándar IEEE Std 112™-2004 [18], debido a que se detalla de una forma más precisa las especificaciones de la instrumentación a utilizarse.

Como se pudo evidenciar en el **Capítulo 6**, el algoritmo diseñado e implementado presenta resultados similares a los presentados en el Informe de Eficiencia de CELEC EP, el cual utiliza como base el estándar IEC 60034-2-2:2010 [12] para su evaluación. Sin embargo, existen condiciones particulares los cuales afectaron el resultado final. Es por eso, que, si bien el algoritmo ayuda a automatizar el proceso de cálculo de la eficiencia, siempre es importante el criterio del evaluador experto el cual deberá considerar las condiciones particulares de cada generador.

Para finalizar, se espera que el algoritmo desarrollado sirva como una herramienta que facilite el cálculo de la eficiencia de un generador de polos salientes de eje vertical de una central Hidroeléctrica, con la finalidad de que estos ensayos no se hagan solamente durante la puesta en marcha de una central, si no más bien, se realice de manera periódica, o cuando existan reparaciones mayores y de esta manera se evite que anualmente haya pérdidas significativas de dinero asociadas a una baja eficiencia repercutiendo directamente en el uso efectivo de un recurso natural tan importante como lo es el agua.

Bibliografía

- [1] IEA, *Data tables – Data & Statistics* -, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables/?country=WORLD&energy=Electricity&year=2019>, accedido el 26 de junio de 2022.
- [2] IEA, *Ecuador - Countries & Regions*, <https://www.iea.org/countries/ecuador>, accedido el 26 de junio de 2022.
- [3] CELEC, *Generación*, <https://www.celec.gob.ec/index.php/115-informacion-general/1770-generacion>, accedido el 26 de junio de 2022.
- [4] MEER, *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Plan Maestro de Electricidad*.
- [5] S. Soares, “Minimum loss predispach model for hydroelectric power systems,” 1997.
- [6] IEA, *Brazil - Countries Regions - IEA*, <https://www.iea.org/countries/brazil>, accedido el 26 de junio de 2022.
- [7] I. G. Hidalgo, D. G. Fontane, M. Asce et al., “Efficiency Curves for Hydroelectric Generating Units,” 2014. DOI: [10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452).
- [8] E. Bortoni, R. T. Siniscalchi, S. Vaschetto, M. A. Darmani y A. Cavagnino, “Efficiency Mapping and Weighted Average Efficiency for Large Hydrogenerators,” *IEEE Open Journal of Industry Applications*, vol. 2, págs. 11-20, 2021, ISSN: 2644-1241. DOI: [10.1109/OJIA.2020.3048989](https://doi.org/10.1109/OJIA.2020.3048989).
- [9] *Gobierno Central del Ecuador, Reglamento general de la ley orgánica de eficiencia energética*, Quito, 2021.
- [10] IEC, *IEC 60034-2-1, Rotating electrical machines-Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)*, 2007. dirección: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm.

- [11] IEC, *IEC 60034-2A, First supplement to Publication 34-2 (1972) Rotating electrical machines Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles) Measurement of losses by the calorimetric method*, 1974.
- [12] IEC, *IEC 60034-2-2, Rotating electrical machines - Part 2-2: Specific methods for determining separate losses of large machines from tests - Supplement to IEC 60034-2-1*, 2010.
- [13] J. M. Aller, "*Máquinas Eléctricas rotativas: Introducción a la teoría general*", Editorial Equinoccio, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 2008.
- [14] L. Aarniovuori, J. Kolehmainen, A. Kosonen et al., "Application of Calorimetric Method for Loss Measurement of a SynRM Drive System," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 63, n.º 4, págs. 2005-2015, abr. de 2016, ISSN: 1557-9948.
- [15] IEEE, *IEEE Std 115™-2019(Revision of IEEE Std 115-2009), IEEE Guide for Test Procedures for Synchronous Machines Including Acceptance and Performance Testing and Parameter Determination for Dynamic Analysis*. IEEE, 2020, ISBN: 9781504463478.
- [16] J. F. Mora, *Máquinas eléctricas*, McGraw-Hill, 2008.
- [17] J. C. Stephen, *Electric Machinery Fundamentals*, McGraw-hill, 2012.
- [18] IEEE, *IEEE Std 112™-2004 (Revision of IEEE Std 112-1996), IEEE standard test procedure for polyphase induction motors and generators*. Institute of Electrical y Electronics Engineers, 2004, pág. 79, ISBN: 0738139777.

Anexo A

Creación de tablas

```

VERSION 1.0 CLASS
BEGIN
    MultiUse = -1 'True
END
Attribute VB_Name = "Hoja1"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = True
Private Sub CommandButton1_Click()
,
-----
'INGRESO DE DATOS

Dim ncoj As Double
Dim rtdom As Double
Dim rtdsup As Double
Dim rtdrec As Double
Dim rtdinf As Double
Dim numfljc As Double
Dim numfljr As Double

If txtnumc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de N mero de Cojinetes."
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numerico
    ncoj = CDb(txtnumc.Value)
End If

If txtrtdom.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de N mero de RTDs del Domo."
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numerico
    rtdom = CDb(txtrtdom.Value)
End If

If txtrtdsup.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de N mero de RTDs de la Tapa Superior."
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numerico
    rtdsup = CDb(txtrtdsup.Value)
End If

If txtrtdrec.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de N mero de RTDs del Recinto."
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numerico
    rtdrec = CDb(txtrtdrec.Value)
End If

If txtrtdinf.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de N mero de RTDs de la Tapa Inferior."
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numerico
    rtdinf = CDb(txtrtdinf.Value)
End If

If txtflujc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de N mero de Medidores de Flujo Cojinetes."
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numerico
    numfljc = CDb(txtflujc.Value)
End If

If txtflujr.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de N mero de Medidores de Flujo Radiador."
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numerico
    numfljr = CDb(txtflujr.Value)
End If

```

' GENERACION DE TABLAS DOMO

```

Dim InicioFila1 As Long
Dim InicioColumna1 As Long
Dim InicioFila2 As Long
Dim InicioColumna2 As Long
Dim NumFilas1 As Long
Dim NumColumnas1 As Long
Dim NumColumnas1_1 As Integer
Dim RangoDatos1 As Range
Dim RangoDatos2 As Range
Dim RangoDatos3 As Range
Dim RangoDatos4 As Range
Dim RangoDatos5 As Range
Dim RangoDatos6 As Range
Dim Tabladom As ListObject
Dim Tabladoms As ListObject
Dim Tabladom1 As ListObject
Dim Tabladoms1 As ListObject
Dim Tabladom2 As ListObject
Dim Tabladoms2 As ListObject
Dim Tabladom3 As ListObject
Dim Tabladoms3 As ListObject
Dim i As Integer
Dim Hoja_Giro As Worksheet
Dim Hoja_Vacio As Worksheet
Dim Hoja_Corto As Worksheet

If txtrtdom.Value = 0 Then 'Si la condicion es igual a cero no se crea la tabla
On Error Resume Next
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_dom_giro").Delete
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_doms_giro").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_dom_vacio").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_doms_vacio").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_dom_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_doms_corto").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_dom_nominal").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_doms_nominal").Delete

Else 'Si la condicion es diferente de cero se crea la tabla
NumFilas1 = 3 'Se obtiene el n mero de filas y columnas de la tabla a crear
NumColumnas1_1 = txtrtdom.Value + 2
NumColumnas1 = NumColumnas1_1 / 2
'Se define la hoja donde se crear la tabla
Set Hoja_Giro = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")
Set Hoja_Vacio = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
Set Hoja_Corto = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
Set Hoja_Nominal = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

'Se establece el rango de datos para la tabla
InicioFila1 = 18 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioColumna1 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioFila2 = 26 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioColumna2 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda

Set RangoDatos1 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila1, InicioColumna1), Hoja_Giro.
Cells(InicioFila1 + NumFilas1, NumColumnas1))
Set RangoDatos2 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila2, InicioColumna2), Hoja_Giro.
Cells(InicioFila2 + NumFilas1, NumColumnas1))
Set RangoDatos3 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila1, InicioColumna1), Hoja_Vacio.
Cells(InicioFila1 + NumFilas1, NumColumnas1))
Set RangoDatos4 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila2, InicioColumna2), Hoja_Vacio.
Cells(InicioFila2 + NumFilas1, NumColumnas1))
Set RangoDatos5 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila1, InicioColumna1), Hoja_Corto.
Cells(InicioFila1 + NumFilas1, NumColumnas1))
Set RangoDatos6 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila2, InicioColumna2), Hoja_Corto.
Cells(InicioFila2 + NumFilas1, NumColumnas1))
Set RangoDatos100 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila1, InicioColumna1),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila1 + NumFilas1, NumColumnas1))
Set RangoDatos101 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila2, InicioColumna2),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila2 + NumFilas1, NumColumnas1))

'Se elimina la tabla anterior (si existe)
On Error Resume Next
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_dom_giro").Delete
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_doms_giro").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_dom_vacio").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_doms_vacio").Delete

```

```

Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_dom_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_doms_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_dom_nominal").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_doms_nominal").Delete

'Se crea la primera tabla
Set Tabladom = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos1, , xlYes)
Tabladom.Name = "Tabla_rtd_dom_giro"
Tabladom.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la segunda tabla
Set Tabladoms = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos2, , xlYes)
Tabladoms.Name = "Tabla_rtd_doms_giro"
Tabladoms.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la tercera tabla
Set Tabladom1 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos3, , xlYes)
Tabladom1.Name = "Tabla_rtd_dom_vacio"
Tabladom1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la cuarta tabla
Set Tabladoms1 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos4, , xlYes)
Tabladoms1.Name = "Tabla_rtd_doms_vacio"
Tabladoms1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la quinta tabla
Set Tabladom2 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos5, , xlYes)
Tabladom2.Name = "Tabla_rtd_dom_corto"
Tabladom2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la sexta tabla
Set Tabladoms2 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos6, , xlYes)
Tabladoms2.Name = "Tabla_rtd_doms_corto"
Tabladoms2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la septima tabla
Set Tabladom3 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos100, , xlYes)
Tabladom3.Name = "Tabla_rtd_dom_nominal"
Tabladom3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la octava tabla
Set Tabladoms3 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos101, , xlYes)
Tabladoms3.Name = "Tabla_rtd_doms_nominal"
Tabladoms3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas1
    Tabladom.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tabladoms.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas1
    Tabladom.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tabladoms.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas1
    Tabladom1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tabladoms1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas1
    Tabladom1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tabladoms1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas1
    Tabladom2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tabladoms2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas1
    Tabladom2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tabladoms2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

For i = 2 To NumColumnas1

```

```

        Tabladom3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
        Tabladoms3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Next i

    ' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
    For i = 1 To NumFilas1
        Tabladom3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
        Tabladoms3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Next i

    ' Limpiar la primera celda de ambas tablas
    Tabladom.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tabladoms.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tabladom1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tabladoms1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tabladom2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tabladoms2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tabladom3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tabladoms3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""

End If
,
-----
' GENERACION DE TABLAS DE LA TAPA SUPERIOR

Dim InicioFila3 As Long
Dim InicioColumna3 As Long
Dim InicioFila4 As Long
Dim InicioColumna4 As Long
Dim NumFilas2 As Long
Dim NumColumnas2 As Long
Dim NumColumnas2_2 As Integer
Dim RangoDatos7 As Range
Dim RangoDatos8 As Range
Dim RangoDatos9 As Range
Dim RangoDatos10 As Range
Dim RangoDatos11 As Range
Dim RangoDatos12 As Range
Dim tablaSup1 As ListObject
Dim Tablasups1 As ListObject
Dim tablaSup2 As ListObject
Dim Tablasups2 As ListObject
Dim Tablasup3 As ListObject
Dim Tablasups3 As ListObject
Dim Tablasup4 As ListObject
Dim Tablasups4 As ListObject

If txtrtdsup.Value = 0 Then 'Si la condicion es igual a cero no se crea la tabla
    On Error Resume Next
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_sup_giro").Delete
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_sups_giro").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_sup_vacio").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_sups_vacio").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_sup_corto").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_sups_corto").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_sup_nominal").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_sups_nominal").Delete
Else 'Si la condicion es diferente de cero se crea la tabla
    NumFilas2 = 3 'Se obtiene el n mero de filas y columnas de la tabla a crear
    NumColumnas2_2 = txtrtdsup.Value + 2
    NumColumnas2 = NumColumnas2_2 / 2
    'Se define la hoja donde se crear la tabla
    Set Hoja_Giro = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")
    Set Hoja_Vacio = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
    Set Hoja_Corto = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
    Set Hoja_Nominal = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

    'Se establece el rango de datos para la tabla
    InicioFila3 = 36 'Asigne el valor inicial que corresponda
    InicioColumna3 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda
    InicioFila4 = 44 'Asigne el valor inicial que corresponda
    InicioColumna4 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda

    Set RangoDatos7 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila3, InicioColumna3), Hoja_Giro.
        Cells(InicioFila3 + NumFilas2, NumColumnas2))
    Set RangoDatos8 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila4, InicioColumna4), Hoja_Giro.
        Cells(InicioFila4 + NumFilas2, NumColumnas2))
    Set RangoDatos9 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila3, InicioColumna3), Hoja_Vacio.
        Cells(InicioFila3 + NumFilas2, NumColumnas2))
    Set RangoDatos10 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila4, InicioColumna4), Hoja_Vacio.
        Cells(InicioFila4 + NumFilas2, NumColumnas2))
    Set RangoDatos11 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila3, InicioColumna3), Hoja_Corto

```

```

.Cells(InicioFila3 + NumFilas2, NumColumnas2))
Set RangoDatos12 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila4, InicioColumna4), Hoja_Corto
.Cells(InicioFila4 + NumFilas2, NumColumnas2))
Set RangoDatos103 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila3, InicioColumna3),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila3 + NumFilas2, NumColumnas2))
Set RangoDatos104 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila4, InicioColumna4),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila4 + NumFilas2, NumColumnas2))

'Se elimina la tabla anterior (si existe)
On Error Resume Next
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_sup_giro").Delete
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_sups_giro").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_sup_vacio").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_sups_vacio").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_sup_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_sups_corto").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_sup_nominal").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_sups_nominal").Delete

'Se crea la primera tabla
Set tablaSup1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos7, , xlYes)
tablaSup1.Name = "Tabla_rtd_sup_giro"
tablaSup1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la segunda tabla
Set Tablasups1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos8, , xlYes)
Tablasups1.Name = "Tabla_rtd_sups_giro"
Tablasups1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la tercera tabla
Set tablaSup2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos9, , xlYes)
tablaSup2.Name = "Tabla_rtd_sup_vacio"
tablaSup2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la cuarta tabla
Set Tablasups2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos10, , xlYes)
Tablasups2.Name = "Tabla_rtd_sups_vacio"
Tablasups2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la quinta tabla
Set Tablasup3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos11, , xlYes)
Tablasup3.Name = "Tabla_rtd_sup_corto"
Tablasup3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la sexta tabla
Set Tablasups3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos12, , xlYes)
Tablasups3.Name = "Tabla_rtd_sups_corto"
Tablasups3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la sptima tabla
Set Tablasup4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos103, , xlYes)
Tablasup4.Name = "Tabla_rtd_sup_nominal"
Tablasup4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la octava tabla
Set Tablasups4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos104, , xlYes)
Tablasups4.Name = "Tabla_rtd_sups_nominal"
Tablasups4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas2
tablaSup1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Tablasups1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas2
tablaSup1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Tablasups1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas2
tablaSup2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Tablasups2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas2
tablaSup2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Tablasups2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i

```

```

Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumns2
    Tablasup3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
    Tablasups3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas2
    Tablasup3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
    Tablasups3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumns2
    Tablasup4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
    Tablasups4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas2
    Tablasup4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
    Tablasups4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
Next i

' Limpiar la primera celda de ambas tablas
tablaSup1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablasups1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
tablaSup2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablasups2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablasup3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablasups3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablasup4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablasups4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"

End If
,
-----
' GENERACION DE TABLAS DEL RECINTO

Dim InicioFila5 As Long
Dim InicioColumna5 As Long
Dim InicioFila6 As Long
Dim InicioColumna6 As Long
Dim NumFilas3 As Long
Dim NumColumns3 As Long
Dim NumColumns3_3 As Integer
Dim RangoDatos13 As Range
Dim RangoDatos14 As Range
Dim RangoDatos15 As Range
Dim RangoDatos16 As Range
Dim RangoDatos17 As Range
Dim RangoDatos18 As Range
Dim Tablarec1 As ListObject
Dim Tablarecs1 As ListObject
Dim Tablarec2 As ListObject
Dim Tablarecs2 As ListObject
Dim Tablarec3 As ListObject
Dim Tablarecs3 As ListObject
Dim Tablarec4 As ListObject
Dim Tablarecs4 As ListObject

If txtrtdsup.Value = 0 Then 'Si la condicion es igual a cero no se crea la tabla
    On Error Resume Next
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_rec_giro").Delete
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_recs_giro").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_rec_vacio").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_recs_vacio").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_rec_corto").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_recs_corto").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_rec_nominal").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_recs_nominal").Delete

Else 'Si la condicion es diferente de cero se crea la tabla
    NumFilas3 = 3 'Se obtiene el n mero de filas y columnas de la tabla a crear
    NumColumns3_3 = txtrtdsup.Value + 2
    NumColumns3 = NumColumns3_3 / 2
    'Se define la hoja donde se crear la tabla
    Set Hoja_Giro = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")

```

```

Set Hoja_Vacio = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
Set Hoja_Corto = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
Set Hoja_Nominal = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

'Se establece el rango de datos para la tabla
InicioFila5 = 54 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioColumna5 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioFila6 = 62 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioColumna6 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda

Set RangoDatos13 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila5, InicioColumna5), Hoja_Giro.
Cells(InicioFila5 + NumFilas3, NumColumnas3))
Set RangoDatos14 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila6, InicioColumna6), Hoja_Giro.
Cells(InicioFila6 + NumFilas3, NumColumnas3))
Set RangoDatos15 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila5, InicioColumna5), Hoja_Vacio.
Cells(InicioFila5 + NumFilas3, NumColumnas3))
Set RangoDatos16 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila6, InicioColumna6), Hoja_Vacio.
Cells(InicioFila6 + NumFilas3, NumColumnas3))
Set RangoDatos17 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila5, InicioColumna5), Hoja_Corto.
Cells(InicioFila5 + NumFilas3, NumColumnas3))
Set RangoDatos18 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila6, InicioColumna6), Hoja_Corto.
Cells(InicioFila6 + NumFilas3, NumColumnas3))
Set RangoDatos105 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila5, InicioColumna5),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila5 + NumFilas3, NumColumnas3))
Set RangoDatos106 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila6, InicioColumna6),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila6 + NumFilas3, NumColumnas3))

'Se elimina la tabla anterior (si existe)
On Error Resume Next
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_rec_giro").Delete
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_recs_giro").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_rec_vacio").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_recs_vacio").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_rec_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_recs_corto").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_rec_nominal").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_recs_nominal").Delete

'Se crea la primera tabla
Set Tablarec1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos13, , xlYes)
Tablarec1.Name = "Tabla_rtd_rec_giro"
Tablarec1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la segunda tabla
Set Tablarecs1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos14, , xlYes)
Tablarecs1.Name = "Tabla_rtd_recs_giro"
Tablarecs1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la tercera tabla
Set Tablarec2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos15, , xlYes)
Tablarec2.Name = "Tabla_rtd_rec_vacio"
Tablarec2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la cuarta tabla
Set Tablarecs2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos16, , xlYes)
Tablarecs2.Name = "Tabla_rtd_recs_vacio"
Tablarecs2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la quinta tabla
Set Tablarec3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos17, , xlYes)
Tablarec3.Name = "Tabla_rtd_rec_corto"
Tablarec3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la sexta tabla
Set Tablarecs3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos18, , xlYes)
Tablarecs3.Name = "Tabla_rtd_recs_corto"
Tablarecs3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la s ptima tabla
Set Tablarec4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos105, , xlYes)
Tablarec4.Name = "Tabla_rtd_rec_nominal"
Tablarec4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la octava tabla
Set Tablarecs4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos106, , xlYes)
Tablarecs4.Name = "Tabla_rtd_recs_nominal"
Tablarecs4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas3
    Tablarec1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tablarecs1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1

```



```

Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas3
    Tablarec1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
    Tablarecs1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas3
    Tablarec2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD" & i - 1
    Tablarecs2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas3
    Tablarec3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
    Tablarecs2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas3
    Tablarec3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD" & i - 1
    Tablarecs3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas3
    Tablarec3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
    Tablarecs3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas3
    Tablarec4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD" & i - 1
    Tablarecs4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas3
    Tablarec4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
    Tablarecs4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
Next i

'Limpia la primera celda de ambas tablas
Tablarec1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablarecs1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablarec2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablarecs2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablarec3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablarecs3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablarec4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablarecs4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""

End If
,
-----
' GENERACION DE TABLAS DE LA TAPA INFERIOR

Dim InicioFila7 As Long
Dim InicioColumna7 As Long
Dim InicioFila8 As Long
Dim InicioColumna8 As Long
Dim NumFilas4 As Long
Dim NumColumnas4 As Long
Dim NumColumnas4_4 As Integer
Dim RangoDatos19 As Range
Dim RangoDatos20 As Range
Dim RangoDatos21 As Range
Dim RangoDatos22 As Range
Dim RangoDatos23 As Range
Dim RangoDatos24 As Range
Dim tablaInf1 As ListObject
Dim Tablainfs1 As ListObject
Dim tablaInf2 As ListObject
Dim Tablainfs2 As ListObject
Dim tablaInf3 As ListObject
Dim Tablainfs3 As ListObject
Dim tablaInf4 As ListObject
Dim Tablainfs4 As ListObject

```

```

If txtrtdinf.Value = 0 Then 'Si la condición es igual a cero no se crea la tabla
On Error Resume Next
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_inf_giro").Delete
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_infs_giro").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_inf_vacio").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_infs_vacio").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_inf_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_infs_corto").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_inf_nominal").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_infs_nominal").Delete
Else 'Si la condición es diferente de cero se crea la tabla
NumFilas4 = 3 'Se obtiene el número de filas y columnas de la tabla a crear
NumColumnas4_4 = txtrtdinf.Value + 2
NumColumnas4 = NumColumnas4_4 / 2
'Se define la hoja donde se crea la tabla
Set Hoja_Giro = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")
Set Hoja_Vacio = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
Set Hoja_Corto = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
Set Hoja_Nominal = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

'Se establece el rango de datos para la tabla
InicioFila7 = 72 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioColumna7 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioFila8 = 80 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioColumna8 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda

Set RangoDatos19 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila7, InicioColumna7), Hoja_Giro.
Cells(InicioFila7 + NumFilas4, NumColumnas4))
Set RangoDatos20 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila8, InicioColumna8), Hoja_Giro.
Cells(InicioFila8 + NumFilas4, NumColumnas4))
Set RangoDatos21 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila7, InicioColumna7), Hoja_Vacio.
Cells(InicioFila7 + NumFilas4, NumColumnas4))
Set RangoDatos22 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila8, InicioColumna8), Hoja_Vacio.
Cells(InicioFila8 + NumFilas4, NumColumnas4))
Set RangoDatos23 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila7, InicioColumna7), Hoja_Corto.
Cells(InicioFila7 + NumFilas4, NumColumnas4))
Set RangoDatos24 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila8, InicioColumna8), Hoja_Corto.
Cells(InicioFila8 + NumFilas4, NumColumnas4))
Set RangoDatos107 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila7, InicioColumna7),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila7 + NumFilas4, NumColumnas4))
Set RangoDatos108 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila8, InicioColumna8),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila8 + NumFilas4, NumColumnas4))
'Se elimina la tabla anterior (si existe)
On Error Resume Next
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_inf_giro").Delete
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_infs_giro").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_inf_vacio").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_infs_vacio").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_inf_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_infs_corto").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_inf_nominal").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_infs_nominal").Delete

'Se crea la primera tabla
Set tablaInf1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos19, , xlYes)
tablaInf1.Name = "Tabla_rtd_inf_giro"
tablaInf1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la segunda tabla
Set Tablainfs1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos20, , xlYes)
Tablainfs1.Name = "Tabla_rtd_infs_giro"
Tablainfs1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la tercera tabla
Set tablaInf2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos21, , xlYes)
tablaInf2.Name = "Tabla_rtd_inf_vacio"
tablaInf2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la cuarta tabla
Set Tablainfs2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos22, , xlYes)
Tablainfs2.Name = "Tabla_rtd_infs_vacio"
Tablainfs2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la quinta tabla
Set Tablainfs3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos23, , xlYes)
Tablainfs3.Name = "Tabla_rtd_inf_corto"
Tablainfs3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la sexta tabla
Set Tablainfs3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos24, , xlYes)
Tablainfs3.Name = "Tabla_rtd_infs_corto"
Tablainfs3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

```

```

' Se crea la s ptima tabla
Set Tablainf4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos107, , xlYes)
Tablainf4.Name = "Tabla_rtd_inf_nominal"
Tablainf4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Se crea la octava tabla
Set Tablainfs4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos108, , xlYes)
Tablainfs4.Name = "Tabla_rtd_infs_nominal"
Tablainfs4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas4
    tablaInf1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tablainfs1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas4
    tablaInf1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tablainfs1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas4
    tablaInf2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tablainfs2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas4
    tablaInf2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tablainfs2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas4
    Tablainf3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tablainfs3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas4
    Tablainf3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tablainfs3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas4
    Tablainf4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tablainfs4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas4
    Tablainf4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tablainfs4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Limpiar la primera celda de ambas tablas
tablaInf1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablainfs1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
tablaInf2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablainfs2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
TablaInf3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablainfs3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
TablaInf4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
Tablainfs4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""

End If

```

' GENERACION DE TABLAS COJINETES

```

Dim InicioFila9 As Long
Dim InicioColumna9 As Long
Dim InicioFila10 As Long
Dim InicioColumna10 As Long
Dim NumFilas5 As Long
Dim NumColumnas5 As Long
Dim NumColumnas5_5 As Integer
Dim RangoDatos25 As Range

```

```

Dim RangoDatos26 As Range
Dim RangoDatos27 As Range
Dim RangoDatos28 As Range
Dim RangoDatos29 As Range
Dim RangoDatos30 As Range
Dim Tablacoj1 As ListObject
Dim Tablacojs1 As ListObject
Dim Tablacoj2 As ListObject
Dim Tablacojs2 As ListObject
Dim Tablacoj3 As ListObject
Dim Tablacojs3 As ListObject
Dim Tablacoj4 As ListObject
Dim Tablacojs4 As ListObject

If txtnumc.Value = 0 Then 'Si la condición es igual a cero no se crea la tabla
On Error Resume Next
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_coj_giro").Delete
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_cojs_giro").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_coj_vacio").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_cojs_vacio").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_coj_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_cojs_corto").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_coj_nominal").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_cojs_nominal").Delete

Else 'Si la condición es diferente de cero se crea la tabla
NumFilas5 = 3 'Se obtiene el n mero de filas y columnas de la tabla a crear
NumColumnas5_5 = txtnumc.Value
NumColumnas5 = NumColumnas5_5 + 1
'Se define la hoja donde se crear la tabla
Set Hoja_Giro = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")
Set Hoja_Vacio = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
Set Hoja_Corto = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
Set Hoja_Nominal = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

'Se establece el rango de datos para la tabla
InicioFila9 = 88 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioColumna9 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioFila10 = 96 'Asigne el valor inicial que corresponda
InicioColumna10 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda

Set RangoDatos25 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila9, InicioColumna9), Hoja_Giro.
Cells(InicioFila9 + NumFilas5, NumColumnas5))
Set RangoDatos26 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila10, InicioColumna10), Hoja_Giro.
Cells(InicioFila10 + NumFilas5, NumColumnas5))
Set RangoDatos27 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila9, InicioColumna9), Hoja_Vacio.
Cells(InicioFila9 + NumFilas5, NumColumnas5))
Set RangoDatos28 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila10, InicioColumna10),
Hoja_Vacio.Cells(InicioFila10 + NumFilas5, NumColumnas5))
Set RangoDatos29 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila9, InicioColumna9), Hoja_Corto.
Cells(InicioFila9 + NumFilas5, NumColumnas5))
Set RangoDatos30 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila10, InicioColumna10),
Hoja_Corto.Cells(InicioFila10 + NumFilas5, NumColumnas5))
Set RangoDatos109 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila9, InicioColumna9),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila9 + NumFilas5, NumColumnas5))
Set RangoDatos110 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila10, InicioColumna10),
Hoja_Nominal.Cells(InicioFila10 + NumFilas5, NumColumnas5))

'Se elimina la tabla anterior (si existe)
On Error Resume Next
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_coj_giro").Delete
Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_cojs_giro").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_coj_vacio").Delete
Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_cojs_vacio").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_coj_corto").Delete
Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_cojs_corto").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_coj_nominal").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_cojs_nominal").Delete

'Se crea la primera tabla
Set Tablacoj1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos25, , xlYes)
Tablacoj1.Name = "Tabla_rtd_coj_giro"
Tablacoj1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la segunda tabla
Set Tablacojs1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos26, , xlYes)
Tablacojs1.Name = "Tabla_rtd_cojs_giro"
Tablacojs1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la tercera tabla
Set Tablacoj2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos27, , xlYes)
Tablacoj2.Name = "Tabla_rtd_coj_vacio"
Tablacoj2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

```

```

'Se crea la cuarta tabla
Set Tablacojs2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos28, , xlYes)
Tablacojs2.Name = "Tabla_rtd_cojs_vacio"
Tablacojs2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la quinta tabla
Set Tablacoj3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos29, , xlYes)
Tablacoj3.Name = "Tabla_rtd_coj_corto"
Tablacoj3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la sexta tabla
Set Tablacojs3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos30, , xlYes)
Tablacojs3.Name = "Tabla_rtd_cojs_corto"
Tablacojs3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la septima tabla
Set Tablacoj4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos109, , xlYes)
Tablacoj4.Name = "Tabla_rtd_coj_nominal"
Tablacoj4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la octava tabla
Set Tablacojs4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos110, , xlYes)
Tablacojs4.Name = "Tabla_rtd_cojs_nominal"
Tablacojs4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas5
    Tablacoj1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
    Tablacojs1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas5
    Tablacoj1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
    Tablacojs1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas5
    Tablacoj2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
    Tablacojs2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas5
    Tablacoj2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
    Tablacojs2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas5
    Tablacoj3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
    Tablacojs3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas5
    Tablacoj3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
    Tablacojs3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas5
    Tablacoj4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
    Tablacojs4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD□" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas5
    Tablacoj4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
    Tablacojs4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin□" & i
Next i

'Limpia la primera celda de ambas tablas
Tablacoj1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablacojs1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablacoj2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablacojs2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablacoj3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
Tablacojs3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"

```

```

    Tablacoj4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"
    Tablacojs4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "□"

End If

```

' GENERACION DE TABLAS RADIADORES

```

Dim InicioFila1 As Long
Dim InicioColumna1 As Long
Dim InicioFila12 As Long
Dim InicioColumna12 As Long
Dim NumFilas6 As Long
Dim NumColumnas6 As Long
Dim NumColumnas6_6 As Long
Dim RangoDatos31 As Range
Dim RangoDatos32 As Range
Dim RangoDatos33 As Range
Dim RangoDatos34 As Range
Dim RangoDatos35 As Range
Dim RangoDatos36 As Range
Dim Tablarad1 As ListObject
Dim Tablarads1 As ListObject
Dim Tablarad2 As ListObject
Dim Tablarads2 As ListObject
Dim Tablarad3 As ListObject
Dim Tablarads3 As ListObject
Dim Tablarad4 As ListObject
Dim Tablarads4 As ListObject

If txtflujr.Value = 0 Then 'Si la condición es igual a cero no se crea la tabla
    On Error Resume Next
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_rad_giro").Delete
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_rads_giro").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_rad_vacio").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_rads_vacio").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_rad_corto").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_rads_corto").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_rad_nominal").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_rads_nominal").Delete
Else 'Si la condición es diferente de cero se crea la tabla
    NumFilas6 = 3 'Se obtiene el n mero de filas y columnas de la tabla a crear
    NumColumnas6_6 = txtflujr.Value
    NumColumnas6 = NumColumnas6_6 + 1
    'Se define la hoja donde se crear la tabla
    Set Hoja_Giro = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")
    Set Hoja_Vacio = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
    Set Hoja_Corto = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
    Set Hoja_Nominal = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

    'Se establece el rango de datos para la tabla
    InicioFila1 = 104 'Asigne el valor inicial que corresponda
    InicioColumna1 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda
    InicioFila12 = 112 'Asigne el valor inicial que corresponda
    InicioColumna12 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda

    Set RangoDatos31 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila1, InicioColumna1), Hoja_Giro.Cells(InicioFila1 + NumFilas6, NumColumnas6))
    Set RangoDatos32 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila12, InicioColumna12), Hoja_Giro.Cells(InicioFila12 + NumFilas6, NumColumnas6))
    Set RangoDatos33 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila1, InicioColumna1), Hoja_Vacio.Cells(InicioFila1 + NumFilas6, NumColumnas6))
    Set RangoDatos34 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila12, InicioColumna12), Hoja_Vacio.Cells(InicioFila12 + NumFilas6, NumColumnas6))
    Set RangoDatos35 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila1, InicioColumna1), Hoja_Corto.Cells(InicioFila1 + NumFilas6, NumColumnas6))
    Set RangoDatos36 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila12, InicioColumna12), Hoja_Corto.Cells(InicioFila12 + NumFilas6, NumColumnas6))
    Set RangoDatos111 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila1, InicioColumna1), Hoja_Nominal.Cells(InicioFila1 + NumFilas6, NumColumnas6))
    Set RangoDatos112 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila12, InicioColumna12), Hoja_Nominal.Cells(InicioFila12 + NumFilas6, NumColumnas6))

    'Se elimina la tabla anterior (si existe)
    On Error Resume Next
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_rad_giro").Delete
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_rtd_rads_giro").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_rad_vacio").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_rtd_rads_vacio").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_rad_corto").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_rtd_rads_corto").Delete

```

```

Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_rad_nominal").Delete
Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_rtd_rads_nominal").Delete

'Se crea la primera tabla
Set Tablarad1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos31, , xlYes)
Tablarad1.Name = "Tabla_rtd_rad_giro"
Tablarad1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la segunda tabla
Set Tablarads1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos32, , xlYes)
Tablarads1.Name = "Tabla_rtd_rads_giro"
Tablarads1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la tercera tabla
Set Tablarad2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos33, , xlYes)
Tablarad2.Name = "Tabla_rtd_rad_vacio"
Tablarad2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la cuarta tabla
Set Tablarads2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos34, , xlYes)
Tablarads2.Name = "Tabla_rtd_rads_vacio"
Tablarads2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la quinta tabla
Set Tablarad3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos35, , xlYes)
Tablarad3.Name = "Tabla_rtd_rad_corto"
Tablarad3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la sexta tabla
Set Tablarads3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos36, , xlYes)
Tablarads3.Name = "Tabla_rtd_rads_corto"
Tablarads3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la septima tabla
Set Tablarad4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos111, , xlYes)
Tablarad4.Name = "Tabla_rtd_rad_nominal"
Tablarad4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se crea la octava tabla
Set Tablarads4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos112, , xlYes)
Tablarads4.Name = "Tabla_rtd_rads_nominal"
Tablarads4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas6
    Tablarad1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tablarads1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas6
    Tablarad1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tablarads1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas6
    Tablarad2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tablarads2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas6
    Tablarad2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tablarads2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas6
    Tablarad3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Tablarads3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas6
    Tablarad3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Tablarads3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas6
    Tablarad4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1

```

```

        Tablarads4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RTD_" & i - 1
    Next i

    ' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
    For i = 1 To NumFilas6
        Tablarad4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
        Tablarads4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    Next i

    'Limpiar la primera celda de ambas tablas
    Tablarad1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tablarads1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tablarad2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tablarads2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tablarad3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tablarads3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tablarad4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    Tablarads4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""

End If
,
-----
' GENERACION DE TABLAS FLUJO DE AGUA CONJINETES

Dim InicioFilal3 As Long
Dim InicioColumnal3 As Long
Dim NumFilas7 As Long
Dim NumColumnas7 As Long
Dim NumColumnas7_7 As Long
Dim RangoDatos37 As Range
Dim RangoDatos38 As Range
Dim RangoDatos39 As Range
Dim Tablaflujc1 As ListObject
Dim Tablaflujc2 As ListObject
Dim Tablaflujc3 As ListObject
Dim Tablaflujc4 As ListObject

If txtflujc.Value = 0 Then 'Si la condicion es igual a cero no se crea la tabla
    On Error Resume Next
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_flujc_coj_giro").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_flujc_coj_vacio").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_flujc_coj_corto").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_flujc_coj_nominal").Delete
Else 'Si la condicion es diferente de cero se crea la tabla
    NumFilas7 = 3 'Se obtiene el n mero de filas y columnas de la tabla a crear
    NumColumnas7_7 = txtflujc.Value
    NumColumnas7 = NumColumnas7_7 + 1
    'Se define la hoja donde se crear la tabla
    Set Hoja_Giro = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")
    Set Hoja_Vacio = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
    Set Hoja_Corto = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
    Set Hoja_Nominal = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

    'Se establece el rango de datos para la tabla
    InicioFilal3 = 120 'Asigne el valor inicial que corresponda
    InicioColumnal3 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda

    Set RangoDatos37 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFilal3, InicioColumnal3), Hoja_Giro.
        Cells(InicioFilal3 + NumFilas7, NumColumnas7))
    Set RangoDatos38 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFilal3, InicioColumnal3),
        Hoja_Vacio.Cells(InicioFilal3 + NumFilas7, NumColumnas7))
    Set RangoDatos39 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFilal3, InicioColumnal3),
        Hoja_Corto.Cells(InicioFilal3 + NumFilas7, NumColumnas7))
    Set RangoDatos113 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFilal3, InicioColumnal3),
        Hoja_Nominal.Cells(InicioFilal3 + NumFilas7, NumColumnas7))

    'Se elimina la tabla anterior (si existe)
    On Error Resume Next
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_flujc_coj_giro").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_flujc_coj_vacio").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_flujc_coj_corto").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_flujc_coj_nominal").Delete

    'Se crea la primera tabla
    Set Tablaflujc1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos37, , xlYes)
    Tablaflujc1.Name = "Tabla_flujc_coj_giro"
    Tablaflujc1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

    'Se crea la segunda tabla
    Set Tablaflujc2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos38, , xlYes)

```



```

Tablaflujc2.Name = "Tabla_flujc_coj_vacio"
Tablaflujc2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Se crea la tercera tabla
Set Tablaflujc3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos39, , xlYes)
Tablaflujc3.Name = "Tabla_flujc_coj_corto"
Tablaflujc3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Se crea la tercera tabla
Set Tablaflujc4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos113, , xlYes)
Tablaflujc4.Name = "Tabla_flujc_coj_nominal"
Tablaflujc4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumns7
    Tablaflujc1.HeaderRowRange(1, i).Value = "COJINETE" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas7
    Tablaflujc1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumns7
    Tablaflujc2.HeaderRowRange(1, i).Value = "COJINETE_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas7
    Tablaflujc2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumns7
    Tablaflujc3.HeaderRowRange(1, i).Value = "COJINETE_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas7
    Tablaflujc3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumns7
    Tablaflujc4.HeaderRowRange(1, i).Value = "COJINETE_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas7
    Tablaflujc4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Limpiar la primera celda de ambas tablas
Tablaflujc1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "_"
Tablaflujc2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "_"
Tablaflujc3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "_"
Tablaflujc4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "_"

End If

```

' GENERACION DE TABLAS FLUJO DE AGUA RADIADORES

```

Dim InicioFilal4 As Long
Dim InicioColumnal4 As Long
Dim NumFilas8 As Long
Dim NumFilas9 As Long
Dim NumColumns8 As Long
Dim NumColumns8_8 As Long
Dim RangoDatos40 As Range
Dim RangoDatos41 As Range
Dim RangoDatos42 As Range
Dim RangoDatos114 As Range
Dim Tablaflujr1 As ListObject
Dim Tablaflujr2 As ListObject
Dim Tablaflujr3 As ListObject

```

```

Dim Tablaflujr4 As ListObject

If txtflujr.Value = 0 Then 'Si la condicion es igual a cero no se crea la tabla
    On Error Resume Next
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_flujr_coj_giro").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_flujr_coj_vacio").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_flujr_coj_corto").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_flujr_coj_nominal").Delete
Else 'Si la condicion es diferente de cero se crea la tabla
    NumFilas8 = 3 'Se obtiene el n mero de filas y columnas de la tabla a crear
    NumFilas9 = 2 'Se obtiene el n mero de filas y columnas de la tabla a crear solo para la
        tabla 2
    NumColumnas8_8 = txtflujr.Value
    NumColumnas8 = NumColumnas8_8 + 1
    'Se define la hoja donde se crear la tabla
    Set Hoja_Giro = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")
    Set Hoja_Vacio = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
    Set Hoja_Corto = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
    Set Hoja_Nominal = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

    'Se establece el rango de datos para la tabla
    InicioFila14 = 128 'Asigne el valor inicial que corresponda
    InicioColumna14 = 1 'Asigne el valor inicial que corresponda

    Set RangoDatos40 = Hoja_Giro.Range(Hoja_Giro.Cells(InicioFila14, InicioColumna14), Hoja_Giro.
        Cells(InicioFila14 + NumFilas8, NumColumnas8))
    Set RangoDatos41 = Hoja_Vacio.Range(Hoja_Vacio.Cells(InicioFila14, InicioColumna14),
        Hoja_Vacio.Cells(InicioFila14 + NumFilas9, NumColumnas8))
    Set RangoDatos42 = Hoja_Corto.Range(Hoja_Corto.Cells(InicioFila14, InicioColumna14),
        Hoja_Corto.Cells(InicioFila14 + NumFilas8, NumColumnas8))
    Set RangoDatos114 = Hoja_Nominal.Range(Hoja_Nominal.Cells(InicioFila14, InicioColumna14),
        Hoja_Nominal.Cells(InicioFila14 + NumFilas8, NumColumnas8))

    'Se elimina la tabla anterior (si existe)
    On Error Resume Next
    Hoja_Giro.ListObjects("Tabla_flujr_coj_giro").Delete
    Hoja_Vacio.ListObjects("Tabla_flujr_coj_vacio").Delete
    Hoja_Corto.ListObjects("Tabla_flujr_coj_corto").Delete
    Hoja_Nominal.ListObjects("Tabla_flujr_coj_nominal").Delete

    'Se crea la primera tabla
    Set Tablaflujr1 = Hoja_Giro.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos40, , xlYes)
    Tablaflujr1.Name = "Tabla_flujr_coj_giro"
    Tablaflujr1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

    'Se crea la segunda tabla
    Set Tablaflujr2 = Hoja_Vacio.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos41, xlYes)
    Tablaflujr2.Name = "Tabla_flujr_coj_vacio"
    Tablaflujr2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

    'Se crea la tercera tabla
    Set Tablaflujr3 = Hoja_Corto.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos42, , xlYes)
    Tablaflujr3.Name = "Tabla_flujr_coj_corto"
    Tablaflujr3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

    'Se crea la tercera tabla
    Set Tablaflujr4 = Hoja_Nominal.ListObjects.Add(xlSrcRange, RangoDatos114, , xlYes)
    Tablaflujr4.Name = "Tabla_flujr_coj_nominal"
    Tablaflujr4.TableStyle = "TableStyleMedium2"

    'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
    For i = 2 To NumColumnas8
        Tablaflujr1.HeaderRowRange(1, i).Value = "RADIADOR" & i - 1
    Next i

    ' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
    For i = 1 To NumFilas8
        Tablaflujr1.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
    Next i

    'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
    For i = 2 To NumColumnas8
        Tablaflujr2.HeaderRowRange(1, i).Value = "RADIADOR" & i - 1
    Next i

    ' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
    For i = 1 To NumFilas8
        Tablaflujr2.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin" & i
    Next i

    'Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas

```

```

For i = 2 To NumColumnas8
    Tablaflujr3.HeaderRowRange(1, i).Value = "RADIADOR_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas8
    Tablaflujr3.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Se establecen los encabezados de las filas y columnas para ambas tablas
For i = 2 To NumColumnas8
    Tablaflujr4.HeaderRowRange(1, i).Value = "RADIADOR_" & i - 1
Next i

' Establecer los encabezados de las filas para ambas tablas
For i = 1 To NumFilas8
    Tablaflujr4.ListColumns(1).DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Limpiar la primera celda de ambas tablas
Tablaflujr1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "_"
Tablaflujr2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "_"
Tablaflujr3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "_"
Tablaflujr4.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = "_"

End If

Unload Me ' Cierra el formulario activo
Hoja_Giro.Activate ' Activa la hoja donde se crearon las tablas
,
-----
' GENERACION DE TABLAS VELOCIDAD DEL VIENTO

Dim hoja As Worksheet
Dim hoja1 As Worksheet
Dim hoja2 As Worksheet
Set hoja = ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO")
Set hoja1 = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO")
Set hoja2 = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO")
Set Hoja3 = ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL")

' Eliminar las tablas existentes si es necesario
On Error Resume Next
hoja.ListObjects("Tabla_viento_sup_giro").Delete
hoja.ListObjects("Tabla_viento_inf_giro").Delete
hoja.ListObjects("Tabla_viento_recinto_giro").Delete

hoja1.ListObjects("Tabla_viento_sup_vacio").Delete
hoja1.ListObjects("Tabla_viento_inf_vacio").Delete
hoja1.ListObjects("Tabla_viento_recinto_vacio").Delete

hoja2.ListObjects("Tabla_viento_sup_corto").Delete
hoja2.ListObjects("Tabla_viento_inf_corto").Delete
hoja2.ListObjects("Tabla_viento_recinto_corto").Delete

Hoja3.ListObjects("Tabla_viento_sup_nominal").Delete
Hoja3.ListObjects("Tabla_viento_inf_nominal").Delete
Hoja3.ListObjects("Tabla_viento_recinto_nominal").Delete

' Definir rangos de datos
Dim rangoTablaSup As Range
Dim rangoTablaMedio As Range
Dim rangoTablaInf As Range
Dim rangoTablaSup1 As Range
Dim rangoTablaMedio1 As Range
Dim rangoTablaInf1 As Range
Dim rangoTablaSup2 As Range
Dim rangoTablaMedio2 As Range
Dim rangoTablaInf2 As Range
Dim rangoTablaSup3 As Range
Dim rangoTablaMedio3 As Range
Dim rangoTablaInf3 As Range
Dim inicioFila_v As Long
Dim inicioColumna_v As Long
Dim numFilas_v As Long
Dim numColumnas_v As Long
inicioFila_v = 137
inicioColumna_v = 1
numFilas_v = 3
numColumnas_v = 2

```

```

' Definir rangos con espacios entre tablas
Set rangoTablaSup = hoja.Range(hoja.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v), hoja.Cells(inicioFila_v
+ numFilas_v - 1, inicioColumna_v + numColumnas_v - 1))
Set rangoTablaMedio = hoja.Range(hoja.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v + numColumnas_v + 2),
hoja.Cells(inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v + 1) - 3))
Set rangoTablaInf = hoja.Range(hoja.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v + 1)
+ 1), hoja.Cells(inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v + 1)))

Set rangoTablaSup1 = hoja1.Range(hoja1.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v), hoja1.Cells(
inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + numColumnas_v - 1))
Set rangoTablaMedio1 = hoja1.Range(hoja1.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v + numColumnas_v + 2)
, hoja1.Cells(inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v + 1) - 3))
Set rangoTablaInf1 = hoja1.Range(hoja1.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v +
1) + 1), hoja1.Cells(inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v +
1)))

Set rangoTablaSup2 = hoja2.Range(hoja2.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v), hoja2.Cells(
inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + numColumnas_v - 1))
Set rangoTablaMedio2 = hoja2.Range(hoja2.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v + numColumnas_v + 2)
, hoja2.Cells(inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v + 1) - 3))
Set rangoTablaInf2 = hoja2.Range(hoja2.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v +
1) + 1), hoja2.Cells(inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v +
1)))

Set rangoTablaSup3 = Hoja3.Range(Hoja3.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v), Hoja3.Cells(
inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + numColumnas_v - 1))
Set rangoTablaMedio3 = Hoja3.Range(Hoja3.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v + numColumnas_v + 2)
, Hoja3.Cells(inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v + 1) - 3))
Set rangoTablaInf3 = Hoja3.Range(Hoja3.Cells(inicioFila_v, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v +
1) + 1), Hoja3.Cells(inicioFila_v + numFilas_v - 1, inicioColumna_v + 2 * (numColumnas_v +
1)))

' Crear la tabla superior
Dim tablaSupV As ListObject
Set tablaSupV = hoja.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaSup, , xlYes)
tablaSupV.Name = "Tabla_viento_sup_giro"
tablaSupV.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaSupV1 As ListObject
Set tablaSupV1 = hoja1.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaSup1, , xlYes)
tablaSupV1.Name = "Tabla_viento_sup_vacio"
tablaSupV1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaSupV2 As ListObject
Set tablaSupV2 = hoja2.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaSup2, , xlYes)
tablaSupV2.Name = "Tabla_viento_sup_corto"
tablaSupV2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaSupV3 As ListObject
Set tablaSupV3 = Hoja3.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaSup3, , xlYes)
tablaSupV3.Name = "Tabla_viento_sup_nominal"
tablaSupV3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Crear la tabla del inferior
Dim tablaMedioV As ListObject
Set tablaMedioV = hoja.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaMedio, , xlYes)
tablaMedioV.Name = "Tabla_viento_inf_giro"
tablaMedioV.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaMedioV1 As ListObject
Set tablaMedioV1 = hoja1.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaMedio1, , xlYes)
tablaMedioV1.Name = "Tabla_viento_inf_vacio"
tablaMedioV1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaMedioV2 As ListObject
Set tablaMedioV2 = hoja2.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaMedio2, , xlYes)
tablaMedioV2.Name = "Tabla_viento_inf_corto"
tablaMedioV2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaMedioV3 As ListObject
Set tablaMedioV3 = Hoja3.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaMedio3, , xlYes)
tablaMedioV3.Name = "Tabla_viento_inf_nominal"
tablaMedioV3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Crear la tabla recinto
Dim tablaInfV As ListObject
Set tablaInfV = hoja.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaInf, , xlYes)
tablaInfV.Name = "Tabla_viento_recinto_giro"
tablaInfV.TableStyle = "TableStyleMedium2"

```

```

Dim tablaInfV1 As ListObject
Set tablaInfV1 = hoja1.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaInf1, , xlYes)
tablaInfV1.Name = "Tabla_viento_recinto_vacio"
tablaInfV1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaInfV2 As ListObject
Set tablaInfV2 = hoja2.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaInf2, , xlYes)
tablaInfV2.Name = "Tabla_viento_recinto_corto"
tablaInfV2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaInfV3 As ListObject
Set tablaInfV3 = Hoja3.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaInf3, , xlYes)
tablaInfV3.Name = "Tabla_viento_recinto_nominal"
tablaInfV3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Establecer los encabezados de las filas para todas las tablas
For i = 1 To numFilas_v
    tablaSupV.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    tablaMedioV.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    tablaInfV.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i

    tablaSupV1.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    tablaMedioV1.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    tablaInfV1.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i

    tablaSupV2.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    tablaMedioV2.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    tablaInfV2.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i

    tablaSupV3.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    tablaMedioV3.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
    tablaInfV3.DataBodyRange(i, 1).Value = "Iteracin_" & i
Next i

' Establecer los encabezados de las Columnas para todas las tablas

    tablaSupV.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
    tablaMedioV.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
    tablaInfV.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"

    tablaSupV1.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
    tablaMedioV1.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
    tablaInfV1.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"

    tablaSupV2.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
    tablaMedioV2.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
    tablaInfV2.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"

    tablaSupV3.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
    tablaMedioV3.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
    tablaInfV3.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"

'Limpiar la primera celda de ambas tablas
tablaSupV.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
tablaMedioV.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
tablaInfV.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""

    tablaSupV1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    tablaMedioV1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    tablaInfV1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""

    tablaSupV2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    tablaMedioV2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    tablaInfV2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""

    tablaSupV3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    tablaMedioV3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""
    tablaInfV3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""

,
-----
' GENERACION DE TABLAS HUMEDAD RELATIVA

' Eliminar las tablas existentes si es necesario
On Error Resume Next
hoja.ListObjects("Tabla_hum_sup_giro").Delete
hoja.ListObjects("Tabla_hum_inf_giro").Delete
hoja.ListObjects("Tabla_hum_recinto_giro").Delete

hoja1.ListObjects("Tabla_hum_sup_vacio").Delete
hoja1.ListObjects("Tabla_hum_inf_vacio").Delete

```

```

hoja1.ListObjects("Tabla_hum_recinto_vacio").Delete

hoja2.ListObjects("Tabla_hum_sup_corto").Delete
hoja2.ListObjects("Tabla_hum_inf_corto").Delete
hoja2.ListObjects("Tabla_hum_recinto_corto").Delete

Hoja3.ListObjects("Tabla_hum_sup_nominal").Delete
Hoja3.ListObjects("Tabla_hum_inf_nominal").Delete
Hoja3.ListObjects("Tabla_hum_recinto_nominal").Delete

' Definir rangos de datos
Dim rangoTablaSup4 As Range
Dim rangoTablaMedio4 As Range
Dim rangoTablaInf4 As Range
Dim rangoTablaSup5 As Range
Dim rangoTablaMedio5 As Range
Dim rangoTablaInf5 As Range
Dim rangoTablaSup6 As Range
Dim rangoTablaMedio6 As Range
Dim rangoTablaInf6 As Range
Dim rangoTablaSup7 As Range
Dim rangoTablaMedio7 As Range
Dim rangoTablaInf7 As Range
Dim inicioFila_v1 As Long
Dim inicioColumna_v1 As Long
Dim numFilas_v1 As Long
Dim numColumnas_v1 As Long
inicioFila_v1 = 145
inicioColumna_v1 = 1
numFilas_v1 = 1
numColumnas_v1 = 2

' Definir rangos con espacios entre tablas
Set rangoTablaSup4 = hoja.Range(hoja.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1), hoja.Cells(
    inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + numColumnas_v1 - 1))
Set rangoTablaMedio4 = hoja.Range(hoja.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1 + numColumnas_v1 +
    2), hoja.Cells(inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + 2 * (numColumnas_v1 +
    - 3)))
Set rangoTablaInf4 = hoja.Range(hoja.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1 + 2 * (numColumnas_v1
    + 1) + 1), hoja.Cells(inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + 2 * (
    numColumnas_v1 + 1)))

Set rangoTablaSup5 = hoja1.Range(hoja1.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1), hoja1.Cells(
    inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + numColumnas_v1 - 1))
Set rangoTablaMedio5 = hoja1.Range(hoja1.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1 + numColumnas_v1 +
    2), hoja1.Cells(inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + 2 * (numColumnas_v1 +
    1) - 3))
Set rangoTablaInf5 = hoja1.Range(hoja1.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1 + 2 * (
    numColumnas_v1 + 1) + 1), hoja1.Cells(inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + 2
    * (numColumnas_v1 + 1)))

Set rangoTablaSup6 = hoja2.Range(hoja2.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1), hoja2.Cells(
    inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + numColumnas_v1 - 1))
Set rangoTablaMedio6 = hoja2.Range(hoja2.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1 + numColumnas_v1 +
    2), hoja2.Cells(inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + 2 * (numColumnas_v1 +
    1) - 3))
Set rangoTablaInf6 = hoja2.Range(hoja2.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1 + 2 * (
    numColumnas_v1 + 1) + 1), hoja2.Cells(inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + 2
    * (numColumnas_v1 + 1)))

Set rangoTablaSup7 = Hoja3.Range(Hoja3.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1), Hoja3.Cells(
    inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + numColumnas_v1 - 1))
Set rangoTablaMedio7 = Hoja3.Range(Hoja3.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1 + numColumnas_v1 +
    2), Hoja3.Cells(inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + 2 * (numColumnas_v1 +
    1) - 3))
Set rangoTablaInf7 = Hoja3.Range(Hoja3.Cells(inicioFila_v1, inicioColumna_v1 + 2 * (
    numColumnas_v1 + 1) + 1), Hoja3.Cells(inicioFila_v1 + numFilas_v1 - 1, inicioColumna_v1 + 2
    * (numColumnas_v1 + 1)))

' Crear la tabla superior
Dim tablaSupH As ListObject
Set tablaSupH = hoja.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaSup4, , xlYes)
tablaSupH.Name = "Tabla_hum_sup_giro"
tablaSupH.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaSupH1 As ListObject
Set tablaSupH1 = hoja1.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaSup5, , xlYes)
tablaSupH1.Name = "Tabla_hum_sup_vacio"
tablaSupH1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaSupH2 As ListObject
Set tablaSupH2 = hoja2.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaSup6, , xlYes)
tablaSupH2.Name = "Tabla_hum_sup_corto"

```

```

tablaSupH2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaSupH3 As ListObject
Set tablaSupH3 = Hoja3.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaSup7, , xlYes)
tablaSupH3.Name = "Tabla_hum_sup_nominal"
tablaSupH3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Crear la tabla del inferior
Dim tablaMedioH As ListObject
Set tablaMedioH = hoja1.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaMedio4, , xlYes)
tablaMedioH.Name = "Tabla_hum_inf_giro"
tablaMedioH.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaMedioH1 As ListObject
Set tablaMedioH1 = hoja1.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaMedio5, , xlYes)
tablaMedioH1.Name = "Tabla_hum_inf_vacio"
tablaMedioH1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaMedioH2 As ListObject
Set tablaMedioH2 = hoja2.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaMedio6, , xlYes)
tablaMedioH2.Name = "Tabla_hum_inf_corto"
tablaMedioH2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaMedioH3 As ListObject
Set tablaMedioH3 = Hoja3.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaMedio7, , xlYes)
tablaMedioH3.Name = "Tabla_hum_inf_nominal"
tablaMedioH3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Crear la tabla recinto
Dim tablaInfH As ListObject
Set tablaInfH = hoja1.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaInf4, , xlYes)
tablaInfH.Name = "Tabla_hum_recinto_giro"
tablaInfH.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaInfH1 As ListObject
Set tablaInfH1 = hoja1.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaInf5, , xlYes)
tablaInfH1.Name = "Tabla_hum_recinto_vacio"
tablaInfH1.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaInfH2 As ListObject
Set tablaInfH2 = hoja2.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaInf6, , xlYes)
tablaInfH2.Name = "Tabla_hum_recinto_corto"
tablaInfH2.TableStyle = "TableStyleMedium2"

Dim tablaInfH3 As ListObject
Set tablaInfH3 = Hoja3.ListObjects.Add(xlSrcRange, rangoTablaInf7, , xlYes)
tablaInfH3.Name = "Tabla_hum_recinto_nominal"
tablaInfH3.TableStyle = "TableStyleMedium2"

' Establecer los encabezados de las filas para todas las tablas
tablaSupH.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"
tablaMedioH.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"
tablaInfH.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"

tablaSupH1.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"
tablaMedioH1.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"
tablaInfH1.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"

tablaSupH2.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"
tablaMedioH2.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"
tablaInfH2.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"

tablaSupH3.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"
tablaMedioH3.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"
tablaInfH3.HeaderRowRange(2, 1).Value = "Iteracin"

' Establecer los encabezados de las Columnas para todas las tablas

tablaSupH.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
tablaMedioH.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
tablaInfH.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"

tablaSupH1.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
tablaMedioH1.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
tablaInfH1.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"

tablaSupH2.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
tablaMedioH2.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"
tablaInfH2.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"

tablaSupH3.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"

```

```
        tablaMedioH3.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"  
        tablaInfH3.HeaderRowRange(1, 2).Value = "VALOR"  
  
    'Limpiar la primera celda de ambas tablas  
        tablaSupH.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
        tablaMedioH.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
        tablaInfH.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
  
        tablaSupH1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
        tablaMedioH1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
        tablaInfH1.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
  
        tablaSupH2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
        tablaMedioH2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
        tablaInfH2.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
  
        tablaSupH3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
        tablaMedioH3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
        tablaInfH3.HeaderRowRange(1).Cells(1).Value = ""  
End Sub
```


Anexo B

Cálculo de pérdidas en giro mecánico

```

VERSION 1.0 CLASS
BEGIN
    MultiUse = -1    'True
END
Attribute VB_Name = "Hoja4"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = True

Private Sub cmd_mec_Click()
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del domo superficial
Dim Tabla_dom_giro As Range
Dim Giro As Worksheet
Dim ultimaFila As Long
Dim ultimaColumna As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim Promedios As Variant
Dim promediosf As Variant
Dim promediodom As Variant

' Asignamos el nombre la hoja y tabla a las variables
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
Set Tabla_dom_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_dom_giro")

ultimaFila = Tabla_dom_giro.Rows.Count
ultimaColumna = Tabla_dom_giro.Columns.Count

ReDim Promedios(1 To ultimaColumna - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna
    Promedios(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_dom_giro.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf = WorksheetFunction.Average(Promedios)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
' tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del domo del medio
Dim Tabla_doms_giro As Range
Dim ultimaFila1 As Long
Dim ultimaColumna1 As Long
Dim promedios1 As Variant
Dim promediosf1 As Variant

' Asignamos el nombre de la hoja y tabla a las variables
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
Set Tabla_doms_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_doms_giro")

ultimaFila1 = Tabla_doms_giro.Rows.Count
ultimaColumna1 = Tabla_doms_giro.Columns.Count

ReDim promedios1(1 To ultimaColumna1 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna1
    promedios1(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_doms_giro.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf1 = WorksheetFunction.Average(promedios1)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf1
,
'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del domo

promediodom = promediosf - promediosf1
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio del domo es : " & promediodom
'-----

```

```

' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa superior superficial
Dim Tabla_sup_giro As Range
Dim ultimaFila2 As Long
Dim ultimaColumna2 As Long
Dim promedios2 As Variant
Dim promediosf2 As Variant
Dim promediossup As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
Set Tabla_sup_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_sup_giro")

ultimaFila2 = Tabla_sup_giro.Rows.Count
ultimaColumna2 = Tabla_sup_giro.Columns.Count

ReDim promedios2(1 To ultimaColumna2 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna2
    promedios2(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_sup_giro.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf2 = WorksheetFunction.Average(promedios2)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
    tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf2
'-----

' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa superior medio
Dim Tabla_sups_giro As Range
Dim ultimaFila3 As Long
Dim ultimaColumna3 As Long
Dim promedios3 As Variant
Dim promediosf3 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
Set Tabla_sups_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_sups_giro")

ultimaFila3 = Tabla_sups_giro.Rows.Count
ultimaColumna3 = Tabla_sups_giro.Columns.Count

ReDim promedios3(1 To ultimaColumna3 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna3
    promedios3(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_sups_giro.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf3 = WorksheetFunction.Average(promedios3)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf3
'
'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio de la tapa superior

promediossup = promediosf2 - promediosf3
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio de la tapa superior es : " &
    promediossup
'-----

' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del recinto de la superficie
Dim Tabla_rec_giro As Range
Dim ultimaFila4 As Long
Dim ultimaColumna4 As Long
Dim promedios4 As Variant
Dim promediosf4 As Variant
Dim promediosrec As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
Set Tabla_rec_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_rec_giro")

ultimaFila4 = Tabla_rec_giro.Rows.Count
ultimaColumna4 = Tabla_rec_giro.Columns.Count

```

```

ReDim promedios4(1 To ultimaColumna4 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna4
    promedios4(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_rec_giro.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf4 = WorksheetFunction.Average(promedios4)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf4

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del recinto del medio
Dim Tabla_recs_giro As Range
Dim ultimaFila5 As Long
Dim ultimaColumna5 As Long
Dim promedios5 As Variant
Dim promediosf5 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
Set Tabla_recs_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_recs_giro")

ultimaFila5 = Tabla_recs_giro.Rows.Count
ultimaColumna5 = Tabla_recs_giro.Columns.Count

ReDim promedios5(1 To ultimaColumna5 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna5
    promedios5(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_recs_giro.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf5 = WorksheetFunction.Average(promedios5)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf5

'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del recinto

promediorec = promediosf4 - promediosf5
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio del reciento es : " &
promediorec

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa inferior de la superficie
Dim Tabla_inf_giro As Range
Dim ultimaFila6 As Long
Dim ultimaColumna6 As Long
Dim promedios6 As Variant
Dim promediosf6 As Variant
Dim promedioinf As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
Set Tabla_inf_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_inf_giro")

ultimaFila6 = Tabla_inf_giro.Rows.Count
ultimaColumna6 = Tabla_inf_giro.Columns.Count

ReDim promedios6(1 To ultimaColumna6 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna6
    promedios6(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_inf_giro.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf6 = WorksheetFunction.Average(promedios6)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf6

```

```

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa inferior del medio
Dim Tabla_infs_giro As Range
Dim ultimaFila7 As Long
Dim ultimaColumna7 As Long
Dim promedios7 As Variant
Dim promediosf7 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
Set Tabla_infs_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_infs_giro")

ultimaFila7 = Tabla_infs_giro.Rows.Count
ultimaColumna7 = Tabla_infs_giro.Columns.Count

ReDim promedios7(1 To ultimaColumna7 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna7
    promedios7(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_infs_giro.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf7 = WorksheetFunction.Average(promedios7)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf7
'
'-----

'Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
'las resistencias del medio del recinto

promedioinf = promediosf6 - promediosf7
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio del recinto es : " &
    promedioinf

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las rtd del ingreso y salida de agua a los cojinetes/
    despues restamos
' la diferencia entre el ingreso y la salida
' Declarar variables
Dim Tabla_coji_giro As Range
Dim Tabla_cojs_giro As Range
Dim ultimaFila8 As Long
Dim ultimaColumna8 As Long
Dim ultimaFila9 As Long
Dim ultimaColumna9 As Long
Dim promedios8() As Variant
Dim promedios9() As Variant
Dim promedios_diff() As Variant
Dim resultadocoj() As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_coji_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_coj_giro")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_cojs_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_cojs_giro")

' Obtener las ltimas filas y columnas de ambas tablas
ultimaFila8 = Tabla_coji_giro.Rows.Count
ultimaColumna8 = Tabla_coji_giro.Columns.Count
ultimaFila9 = Tabla_cojs_giro.Rows.Count
ultimaColumna9 = Tabla_cojs_giro.Columns.Count

' Redimensionar el array de promedios para almacenar los promedios de la tabla 1
ReDim promedios8(1 To 1, 1 To ultimaColumna8 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 1
For j = 2 To ultimaColumna8
    promedios8(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_coji_giro.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios8 para almacenar los promedios de la tabla 2
ReDim promedios9(1 To 1, 1 To ultimaColumna9 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 2

```

```

For j = 2 To ultimaColumna9
    promedios9(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_cojs_giro.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios_diff para almacenar la diferencia entre los promedios de ambas
  tablas
ReDim promedios_diff(1 To 1, 1 To ultimaColumna8 - 1)

' Calcular la diferencia entre los promedios de las dos tablas y almacenarlos en promedios_diff
For j = 1 To ultimaColumna8 - 1
    promedios_diff(1, j) = promedios8(1, j) - promedios9(1, j)
Next j

' Redimensionar el array resultado para almacenar los valores finales
ReDim resultadocej(1 To ultimaColumna8 - 1)

' Asignar los valores finales a la variable resultado
For i = 1 To UBound(promedios_diff, 2)
    resultadocej(i) = promedios_diff(1, i)
Next i

' Guardamos los valores de la matriz de cálculo de diferencia de temperatura en variables separadas

Dim difcoj1 As Double
Dim difcoj2 As Double
Dim difcoj3 As Double
Dim difsup As Double
Dim difinf As Double
Dim difemp As Double

difcoj1 = resultadocej(1)
difcoj2 = resultadocej(2)
difcoj3 = resultadocej(3)

difsup = Abs(difcoj1)
difinf = Abs(difcoj2)
difemp = Abs(difcoj3)

' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete
  superior es : " & difsup
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete
  inferior es : " & difinf
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete de
  empuje es : " & difemp

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las rtd del ingreso y salida de agua a los radiadores
  despues restamos
' la diferencia entre el ingreso y la salida
' Declarar variables
Dim Tabla_radi_giro As Range
Dim Tabla_rads_giro As Range
Dim ultimaFila10 As Long
Dim ultimaColumna10 As Long
Dim ultimaFila11 As Long
Dim ultimaColumna11 As Long
Dim promedios10() As Variant
Dim promedios11() As Variant
Dim promedios_diff1() As Variant
Dim resultadorad() As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_radi_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_rad_giro")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_rads_giro = Giro.Range("Tabla_rtd_rads_giro")

' Obtener las últimas filas y columnas de ambas tablas
ultimaFila10 = Tabla_radi_giro.Rows.Count
ultimaColumna10 = Tabla_radi_giro.Columns.Count
ultimaFila11 = Tabla_rads_giro.Rows.Count
ultimaColumna11 = Tabla_rads_giro.Columns.Count

' Redimensionar el array de promedios para almacenar los promedios de la tabla 1
ReDim promedios10(1 To 1, 1 To ultimaColumna10 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 1
For j = 2 To ultimaColumna10
    promedios10(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_radi_giro.Columns(j))

```

```

Next j

' Redimensionar el array de promedios8 para almacenar los promedios de la tabla 2
ReDim promedios11(1 To 1, 1 To ultimaColumna11 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 2
For j = 2 To ultimaColumna11
    promedios11(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_rads_giro.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios_diff para almacenar la diferencia entre los promedios de ambas
tablas
ReDim promedios_diff1(1 To 1, 1 To ultimaColumna10 - 1)

' Calcular la diferencia entre los promedios de las dos tablas y almacenarlos en promedios_diff
For j = 1 To ultimaColumna10 - 1
    promedios_diff1(1, j) = promedios10(1, j) - promedios11(1, j)
Next j

' Redimensionar el array resultado para almacenar los valores finales
ReDim resultadorad(1 To ultimaColumna10 - 1)

' Asignar los valores finales a la variable resultado
For i = 1 To UBound(promedios_diff1, 2)
    resultadorad(i) = promedios_diff1(1, i)
Next i

' Guardamos los valores de la matriz de cálculo de diferencia de temperatura en variables separadas
Dim difrad1 As Double
difrad1 = Abs(resultadorad(1))

' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del radiador 1
es : " & difrad1

'-----
'Sacamos el promedio de flujo de agua de cada cojinete

Dim Tabla_flujcgiro As ListObject
Dim prom_fluj_coj_giro() As Double
Dim f_coj_sup As Double
Dim f_coj_inf As Double
Dim f_coj_emp As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_flujcgiro = Giro.ListObjects("Tabla_flujc_coj_giro")

' Redimensionar el array de promedios (una entrada por cada columna de la tabla)
ReDim prom_fluj_coj_giro(1 To Tabla_flujcgiro.ListColumns.Count)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla (a partir de la segunda columna) y guardar en
la variable
For i = 2 To Tabla_flujcgiro.ListColumns.Count ' Comenzamos desde la segunda columna ( ndice 2)
    prom_fluj_coj_giro(i) = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_flujcgiro.ListColumns(i).
        DataBodyRange)
Next i

f_coj_sup = prom_fluj_coj_giro(2)
f_coj_inf = prom_fluj_coj_giro(3)
f_coj_emp = prom_fluj_coj_giro(4)

' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete Superior: " & f_coj_sup
' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete Inferior: " & f_coj_inf
' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete de Empuje: " & f_coj_emp

'-----
'Sacamos el promedio de flujo de agua del Radiador

Dim Tabla_flujrgiro As ListObject
Dim prom_fluj_rad_giro() As Double
Dim f_rad_giro As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_flujrgiro = Giro.ListObjects("Tabla_flujr_coj_giro")

```

```

' Redimensionar el array de promedios (una entrada por cada columna de la tabla)
ReDim prom_fluj_rad_giro(1 To Tabla_flujrgiro.ListColumns.Count)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla (a partir de la segunda columna) y guardar en
  la variable
For i = 2 To Tabla_flujrgiro.ListColumns.Count ' Comenzamos desde la segunda columna ( ndice 2)
  prom_fluj_rad_giro(i) = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_flujrgiro.ListColumns(i).
    DataBodyRange)
Next i

f_rad_giro = prom_fluj_rad_giro(2)

' MsgBox "Flujo Promedio del Radiador: " & f_rad_giro

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de velocidad del viento en la tapa superior, recinto y tapa
  inferior

Dim Tabla_vientos_giro As Range
Dim Tabla_viento_i_giro As Range
Dim Tabla_viento_r_giro As Range
Dim ultimaFilal2 As Long
Dim ultimaColumnal2 As Long
Dim ultimaFilal3 As Long
Dim ultimaColumnal3 As Long
Dim ultimaFilal4 As Long
Dim ultimaColumnal4 As Long
Dim promedio12 As Double
Dim promedio13 As Double
Dim promedio14 As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_vientos_giro = Giro.Range("Tabla_viento_sup_giro")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_viento_i_giro = Giro.Range("Tabla_viento_inf_giro")

' Asignar el rango de la tabla de la tercera hoja a la variable
Set Tabla_viento_r_giro = Giro.Range("Tabla_viento_recinto_giro")

' Calcular el promedio de la tabla viento superior
promedio12 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_vientos_giro)

' Calcular el promedio de la tabla viento inferior
promedio13 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_viento_i_giro)

' Calcular el promedio de la tabla viento recinto
promedio14 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_viento_r_giro)

' Mostrar los promedios en un MsgBox
' MsgBox "Promedio de la tabla de viento sup: " & promedio12 & vbCrLf & _
  "Promedio de la tabla de viento inf: " & promedio13 & vbCrLf & _
  "Promedio de la tabla de viento recinto: " & promedio14
'-----
' Calculamos las p rdidas durante la prueba de giro m e c nico
'-----
' PERDIDAS POR VENTILACION
'-----
' Pérdida superficial en el domo del generador

Dim calesp As Double ' Calor e s p e c f i c o del agua
Dim denagua As Double ' Densidad del agua
Dim sdom As Double
Dim ssup As Double
Dim srec As Double
Dim sinf As Double

calesp = 4.179
denagua = 997

' Ingresamos los valores de superficie

If txtsdom.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
  ' Convertir valor a tipo de datos num rico

```



```

        sdom = CDb1(txtsd0m.Value)
    End If

    If txtssup.Value = "" Then
        MsgBox "Ingrese Valor de Superficie de la Tapa Superior"
    Else
        'Convertir valor a tipo de datos numrico
        ssup = CDb1(txtssup.Value)
    End If

    If txtsrec.Value = "" Then
        MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Recinto"
    Else
        'Convertir valor a tipo de datos numrico
        srec = CDb1(txtsrec.Value)
    End If

    If txtsinf.Value = "" Then
        MsgBox "Ingrese Valor de Superficie de la Tapa Inferior"
    Else
        'Convertir valor a tipo de datos numrico
        sinf = CDb1(txtsinf.Value)
    End If

    'Calculamos las p rdidas por irradiacin en el DOMO

    Dim hsup As Double
    Dim hinf As Double
    Dim hrec As Double

    'h en la tapa superior
    hsup = 11 + 3 * promedio12
    ' MsgBox " el h en la tapa sup es : " & hsup

    ' P rdida Domo
    Dim pdomgiro As Double

    pdomgiro = (sdom * hsup * promedio12) / 1000
    ' MsgBox " La p rdida por irradiacin en el DOMO es " & pdomgiro

    'Calculamos las p rdidas por irradiacin en la TAPA SUPERIOR
    ' P rdida Tapa Superior
    Dim psupgiro As Double

    psupgiro = (ssup * hsup * promedio12) / 1000
    ' MsgBox " La p rdida por irradiacin en la TAPA SUPERIOR es " & psupgiro

    'Calculamos las p rdidas por irradiacin en la TAPA INFERIOR
    'h en la tapa inferior
    hinf = 11 + 3 * promedio13

    ' P rdida Tapa INFERIOR
    Dim pinfgiro As Double

    pinfgiro = (sinf * hinf * promedio13) / 1000
    ' MsgBox " La p rdida por irradiacin en la TAPA INFERIOR es " & pinfgiro

    'Calculamos las p rdidas por irradiacin en el recinto
    'h en el recinto
    hrec = 11 + 3 * promedio14

    ' P rdida RECINTO
    Dim precgiro As Double

    precgiro = (srec * hrec * promedio14) / 1000
    ' MsgBox " La p rdida por irradiacin en el RECINTO es " & precgiro

    ' P rdida en los RADIADORES
    Dim pradgiro As Double

    pradgiro = calesp * denagua * difradi * (f_rad_giro / 3600)
    ' MsgBox " La p rdida por ventilacin en el Radiador es " & pradgiro

    'Calculamos las p rdidas totales por Ventilacin

    Dim ptotventgiro As Double

    ptotventgiro = pdomgiro + psupgiro + pinfgiro + precgiro + pradgiro

    ' MsgBox " Las p rdidas Totales por Ventilacin son de " & ptotventgiro

```

```

'Visualizamos los valores de las p rdidas en las celdas correspondientes en la hoja de c lculo
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E163").Value = pradgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E164").Value = pdomgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E165").Value = psupgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E166").Value = pinfgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E167").Value = precgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E168").Value = ptotventgiro

'-----
' P RDIDAS POR CONVECCIN
'-----

Dim pcojs As Double
Dim pcoji As Double
Dim pcoje As Double
Dim ptotcojgiro As Double

pcojs = calesp * denagua * (f_coj_sup / 3600) * difsup ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete superior por conveccin son " & pcojs

pcoji = calesp * denagua * (f_coj_inf / 3600) * difinf ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete inferior por conveccin son " & pcoji

pcoje = calesp * denagua * (f_coj_emp / 3600) * difemp ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete de empuje por conveccin son " & pcoje

'Calculamos las p rdidas totales por los medios de refrigeracin

ptotcojgiro = pcojs + pcoji + pcoje
' MsgBox " Las p rdidas totales por los medios de refrigeracin son: " & ptotcojgiro

ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E156").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E157").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E158").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E159").Value = ptotcojgiro

'DATOS POWERBI

ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E300").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E301").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E302").Value = pcoje

ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E306").Value = pradgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E307").Value = pdomgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E308").Value = psupgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E309").Value = pinfgiro
ThisWorkbook.Sheets("GIRO_MECANICO").Range("E310").Value = precgiro

End Sub

```

Anexo C

Cálculo de pérdidas en vacío

```

VERSION 1.0 CLASS
BEGIN
    MultiUse = -1    'True
END
Attribute VB_Name = "Hoja5"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = True
Private Sub cmd_vacio_Click()

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del domo superficial
Dim Tabla_dom_vacio As Range
Dim Vacio As Worksheet
Dim ultimaFila As Long
Dim ultimaColumna As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim Promedios As Variant
Dim promediosf As Variant
Dim promediodom As Variant

' Asignamos el nombre la hoja y tabla a las variables
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")
Set Tabla_dom_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_dom_vacio")

ultimaFila = Tabla_dom_vacio.Rows.Count
ultimaColumna = Tabla_dom_vacio.Columns.Count

ReDim Promedios(1 To ultimaColumna - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna
    Promedios(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_dom_vacio.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf = WorksheetFunction.Average(Promedios)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
' tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del domo del medio
Dim Tabla_doms_vacio As Range
Dim ultimaFila1 As Long
Dim ultimaColumna1 As Long
Dim promedios1 As Variant
Dim promediosf1 As Variant

' Asignamos el nombre de la hoja y tabla a las variables
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")
Set Tabla_doms_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_doms_vacio")

ultimaFila1 = Tabla_doms_vacio.Rows.Count
ultimaColumna1 = Tabla_doms_vacio.Columns.Count

ReDim promedios1(1 To ultimaColumna1 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna1
    promedios1(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_doms_vacio.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf1 = WorksheetFunction.Average(promedios1)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf1

'
'-----

'Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
'las resistencias del medio del domo

promediodom = promediosf - promediosf1
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio del domo es : " & promediodom

'-----

```

```

' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa superior superficial
Dim Tabla_sup_vacio As Range
Dim ultimaFila2 As Long
Dim ultimaColumna2 As Long
Dim promedios2 As Variant
Dim promediosf2 As Variant
Dim promediossup As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")
Set Tabla_sup_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_sup_vacio")

ultimaFila2 = Tabla_sup_vacio.Rows.Count
ultimaColumna2 = Tabla_sup_vacio.Columns.Count

ReDim promedios2(1 To ultimaColumna2 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna2
    promedios2(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_sup_vacio.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf2 = WorksheetFunction.Average(promedios2)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
    tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf2
'
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa superior medio
Dim Tabla_sups_vacio As Range
Dim ultimaFila3 As Long
Dim ultimaColumna3 As Long
Dim promedios3 As Variant
Dim promediosf3 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")
Set Tabla_sups_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_sups_vacio")

ultimaFila3 = Tabla_sups_vacio.Rows.Count
ultimaColumna3 = Tabla_sups_vacio.Columns.Count

ReDim promedios3(1 To ultimaColumna3 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna3
    promedios3(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_sups_vacio.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf3 = WorksheetFunction.Average(promedios3)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf3
'
'-----

'Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
'las resistencias del medio de la tapa superior

promediossup = promediosf2 - promediosf3
'MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio de la tapa superior es : " &
    promediossup
'
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del recinto de la superficie
Dim Tabla_rec_vacio As Range
Dim ultimaFila4 As Long
Dim ultimaColumna4 As Long
Dim promedios4 As Variant
Dim promediosf4 As Variant
Dim promediosrec As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")
Set Tabla_rec_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_rec_vacio")

ultimaFila4 = Tabla_rec_vacio.Rows.Count
ultimaColumna4 = Tabla_rec_vacio.Columns.Count

```

```

ReDim promedios4(1 To ultimaColumna4 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna4
    promedios4(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_rec_vacio.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf4 = WorksheetFunction.Average(promedios4)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf4

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del recinto del medio
Dim Tabla_recs_vacio As Range
Dim ultimaFila5 As Long
Dim ultimaColumna5 As Long
Dim promedios5 As Variant
Dim promediosf5 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")
Set Tabla_recs_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_recs_vacio")

ultimaFila5 = Tabla_recs_vacio.Rows.Count
ultimaColumna5 = Tabla_recs_vacio.Columns.Count

ReDim promedios5(1 To ultimaColumna5 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna5
    promedios5(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_recs_vacio.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf5 = WorksheetFunction.Average(promedios5)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf5

'
'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del recinto

promediorec = promediosf4 - promediosf5
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio del reciento es : " &
promediorec

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa inferior de la superficie
Dim Tabla_inf_vacio As Range
Dim ultimaFila6 As Long
Dim ultimaColumna6 As Long
Dim promedios6 As Variant
Dim promediosf6 As Variant
Dim promedioinf As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")
Set Tabla_inf_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_inf_vacio")

ultimaFila6 = Tabla_inf_vacio.Rows.Count
ultimaColumna6 = Tabla_inf_vacio.Columns.Count

ReDim promedios6(1 To ultimaColumna6 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna6
    promedios6(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_inf_vacio.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf6 = WorksheetFunction.Average(promedios6)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf6

```

```

-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa inferior del medio
Dim Tabla_infs_vacio As Range
Dim ultimaFila7 As Long
Dim ultimaColumna7 As Long
Dim promedios7 As Variant
Dim promediosf7 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")
Set Tabla_infs_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_infs_vacio")

ultimaFila7 = Tabla_infs_vacio.Rows.Count
ultimaColumna7 = Tabla_infs_vacio.Columns.Count

ReDim promedios7(1 To ultimaColumna7 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna7
    promedios7(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_infs_vacio.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf7 = WorksheetFunction.Average(promedios7)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf7
'
-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del recinto

promedioinf = promediosf6 - promediosf7
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superficie y el medio del recinto es : " &
    promedioinf

-----
' Sacamos el promedio de los valores de las rtd del ingreso y salida de agua a los cojinetes/
    despues restamos
' la diferencia entre el ingreso y la salida
' Declarar variables
Dim Tabla_coji_vacio As Range
Dim Tabla_cojs_vacio As Range
Dim ultimaFila8 As Long
Dim ultimaColumna8 As Long
Dim ultimaFila9 As Long
Dim ultimaColumna9 As Long
Dim promedios8() As Variant
Dim promedios9() As Variant
Dim promedios_diff() As Variant
Dim resultadocoj() As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_coji_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_coj_vacio")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_cojs_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_cojs_vacio")

' Obtener las últimas filas y columnas de ambas tablas
ultimaFila8 = Tabla_coji_vacio.Rows.Count
ultimaColumna8 = Tabla_coji_vacio.Columns.Count
ultimaFila9 = Tabla_cojs_vacio.Rows.Count
ultimaColumna9 = Tabla_cojs_vacio.Columns.Count

' Redimensionar el array de promedios para almacenar los promedios de la tabla 1
ReDim promedios8(1 To 1, 1 To ultimaColumna8 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 1
For j = 2 To ultimaColumna8
    promedios8(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_coji_vacio.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios8 para almacenar los promedios de la tabla 2
ReDim promedios9(1 To 1, 1 To ultimaColumna9 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 2

```

```

For j = 2 To ultimaColumna9
    promedios9(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_cojs_vacio.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios_diff para almacenar la diferencia entre los promedios de ambas
  tablas
ReDim promedios_diff(1 To 1, 1 To ultimaColumna8 - 1)

' Calcular la diferencia entre los promedios de las dos tablas y almacenarlos en promedios_diff
For j = 1 To ultimaColumna8 - 1
    promedios_diff(1, j) = promedios8(1, j) - promedios9(1, j)
Next j

' Redimensionar el array resultado para almacenar los valores finales
ReDim resultadocej(1 To ultimaColumna8 - 1)

' Asignar los valores finales a la variable resultado
For i = 1 To UBound(promedios_diff, 2)
    resultadocej(i) = promedios_diff(1, i)
Next i

' Guardamos los valores de la matriz de cálculo de diferencia de temperatura en variables separadas

Dim difcoj1 As Double
Dim difcoj2 As Double
Dim difcoj3 As Double
Dim difsup As Double
Dim difinf As Double
Dim difemp As Double

difcoj1 = resultadocej(1)
difcoj2 = resultadocej(2)
difcoj3 = resultadocej(3)

difsup = Abs(difcoj1)
difinf = Abs(difcoj2)
difemp = Abs(difcoj3)

' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete
  superior es : " & difsup
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete
  inferior es : " & difinf
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete de
  empuje es : " & difemp

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las rtd del ingreso y salida de agua a los radiadores
  despues restamos
' la diferencia entre el ingreso y la salida
' Declarar variables
Dim Tabla_radi_vacio As Range
Dim Tabla_rads_vacio As Range
Dim ultimaFila10 As Long
Dim ultimaColumna10 As Long
Dim ultimaFila11 As Long
Dim ultimaColumna11 As Long
Dim promedios10() As Variant
Dim promedios11() As Variant
Dim promedios_diff1() As Variant
Dim resultadorad() As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_radi_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_rad_vacio")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_rads_vacio = Vacio.Range("Tabla_rtd_rads_vacio")

' Obtener las últimas filas y columnas de ambas tablas
ultimaFila10 = Tabla_radi_vacio.Rows.Count
ultimaColumna10 = Tabla_radi_vacio.Columns.Count
ultimaFila11 = Tabla_rads_vacio.Rows.Count
ultimaColumna11 = Tabla_rads_vacio.Columns.Count

' Redimensionar el array de promedios para almacenar los promedios de la tabla 1
ReDim promedios10(1 To 1, 1 To ultimaColumna10 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 1
For j = 2 To ultimaColumna10
    promedios10(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_radi_vacio.Columns(j))

```



```

Next j

' Redimensionar el array de promedios8 para almacenar los promedios de la tabla 2
ReDim promedios11(1 To 1, 1 To ultimaColumna11 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 2
For j = 2 To ultimaColumna11
    promedios11(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_rads_vacio.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios_diff para almacenar la diferencia entre los promedios de ambas
tablas
ReDim promedios_diff1(1 To 1, 1 To ultimaColumna10 - 1)

' Calcular la diferencia entre los promedios de las dos tablas y almacenarlos en promedios_diff
For j = 1 To ultimaColumna10 - 1
    promedios_diff1(1, j) = promedios10(1, j) - promedios11(1, j)
Next j

' Redimensionar el array resultado para almacenar los valores finales
ReDim resultadorad(1 To ultimaColumna10 - 1)

' Asignar los valores finales a la variable resultado
For i = 1 To UBound(promedios_diff1, 2)
    resultadorad(i) = promedios_diff1(1, i)
Next i

' Guardamos los valores de la matriz de cálculo de diferencia de temperatura en variables separadas
Dim difrad1 As Double
difrad1 = Abs(resultadorad(1))

' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del radiador 1
es : " & difrad1

'-----
'Sacamos el promedio de flujo de agua de cada cojinete

Dim Tabla_flujcvacio As ListObject
Dim prom_fluj_coj_vacio() As Double
Dim f_coj_sup As Double
Dim f_coj_inf As Double
Dim f_coj_emp As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_flujcvacio = Vacio.ListObjects("Tabla_flujc_coj_vacio")

' Redimensionar el array de promedios (una entrada por cada columna de la tabla)
ReDim prom_fluj_coj_vacio(1 To Tabla_flujcvacio.ListColumns.Count)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla (a partir de la segunda columna) y guardar en
la variable
For i = 2 To Tabla_flujcvacio.ListColumns.Count ' Comenzamos desde la segunda columna ( ndice
2)
    prom_fluj_coj_vacio(i) = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_flujcvacio.ListColumns(i)
.DataBodyRange)
Next i

f_coj_sup = prom_fluj_coj_vacio(2)
f_coj_inf = prom_fluj_coj_vacio(3)
f_coj_emp = prom_fluj_coj_vacio(4)

' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete Superior: " & f_coj_sup
' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete Inferior: " & f_coj_inf
' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete de Empuje: " & f_coj_emp

'-----
'Sacamos el promedio de flujo de agua del Radiador

Dim Tabla_flujrvacio As ListObject
Dim prom_fluj_rad_vacio() As Double
Dim f_rad_vacio As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable

```

```

Set Tabla_flujrvacio = Vacio.ListObjects("Tabla_flujr_coj_vacio")

' Redimensionar el array de promedios (una entrada por cada columna de la tabla)
ReDim prom_fluj_rad_vacio(1 To Tabla_flujrvacio.ListColumns.Count)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla (a partir de la segunda columna) y guardar en
  la variable
For i = 2 To Tabla_flujrvacio.ListColumns.Count ' Comenzamos desde la segunda columna ( ndice
  2)
  prom_fluj_rad_vacio(i) = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_flujrvacio.ListColumns(i)
    ).DataBodyRange)
Next i

f_rad_vacio = prom_fluj_rad_vacio(2)

' MsgBox "Flujo Promedio del Radiador: " & f_rad_vacio

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de velocidad del viento en la tapa superior, recinto y tapa
  inferior

Dim Tabla_vientos_vacio As Range
Dim Tabla_viento_i_vacio As Range
Dim Tabla_viento_r_vacio As Range
Dim ultimaFilal2 As Long
Dim ultimaColumna12 As Long
Dim ultimaFilal3 As Long
Dim ultimaColumna13 As Long
Dim ultimaFilal4 As Long
Dim ultimaColumna14 As Long
Dim promedio12 As Double
Dim promedio13 As Double
Dim promedio14 As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_vientos_vacio = Vacio.Range("Tabla_viento_sup_vacio")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_viento_i_vacio = Vacio.Range("Tabla_viento_inf_vacio")

' Asignar el rango de la tabla de la tercera hoja a la variable
Set Tabla_viento_r_vacio = Vacio.Range("Tabla_viento_recinto_vacio")

' Calcular el promedio de la tabla viento superior
promedio12 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_vientos_vacio)

' Calcular el promedio de la tabla viento inferior
promedio13 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_viento_i_vacio)

' Calcular el promedio de la tabla viento recinto
promedio14 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_viento_r_vacio)

' Mostrar los promedios en un MsgBox
' MsgBox "Promedio de la tabla de viento sup: " & promedio12 & vbCrLf & _
  "Promedio de la tabla de viento inf: " & promedio13 & vbCrLf & _
  "Promedio de la tabla de viento recinto: " & promedio14

'-----
' Calculamos las p rdidas durante la prueba de vacio m e c nico
'-----
' PERDIDAS POR VENTILACION
'-----
' Perdida superficial en el domo del generador
Dim calesp As Double ' Calor espe cfico del agua
Dim denagua As Double ' Densidad del agua
Dim sdom As Double
Dim ssup As Double
Dim srec As Double
Dim sinf As Double

calesp = 4.179
denagua = 997

' Ingresamos los valores de superficie

' Accede a los valores de los cuadros de texto en la hoja "GIRO_MECANICO"
Dim Giro As Worksheet

```

```

Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

' Acceder al valor del cuadro de texto txtsdm en la hoja "GIRO_MECANICO" usando .Value
sdm = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsdm").Object.Value)
ssup = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtssup").Object.Value)
srec = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsrec").Object.Value)
sinf = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsinf").Object.Value)

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en el DOMO

Dim hsup As Double
Dim hinf As Double
Dim hrec As Double

'h en la tapa superior
hsup = 11 + 3 * promedio12
' MsgBox " el h en la tapa sup es : " & hsup

' P rdida Domo
Dim pdomvacio As Double

pdomvacio = (sdm * hsup * promediodom) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en el DOMO es " & pdomvacio

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en la TAPA SUPERIOR
' P rdida Tapa Superior
Dim psupvacio As Double

psupvacio = (ssup * hsup * promediosup) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en la TAPA SUPERIOR es " & psupvacio

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en la TAPA INFERIOR
'h en la tapa inferior
hinf = 11 + 3 * promedio13

' P rdida Tapa INFERIOR
Dim pinfvacio As Double

pinfvacio = (sinf * hinf * promedioinf) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en la TAPA INFERIOR es " & pinfvacio

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en el recinto
'h en lel recinto
hrec = 11 + 3 * promedio14

' P rdida RECINTO
Dim precvacio As Double

precvacio = (srec * hrec * promediorec) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en el RECINTO es " & precvacio

' P rdida en los RADIADORES
Dim pradvacio As Double

pradvacio = calesp * denagua * difradl * (f_rad_vacio / 3600)
' MsgBox " La p rdida por ventilacin en el Radiador es " & pradvacio

'Calculamos las p rdidas totales por Ventilacin

Dim ptotventvacio As Double

ptotventvacio = pdomvacio + psupvacio + pinfvacio + precvacio + pradvacio

' MsgBox " Las p rdidas Totales por Ventilacin son de " & ptotventvacio

'Visualizamos los valores de las p rdidas en las celdas correspondientes en la hoja de c lculo
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E163").Value = pradvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E164").Value = pdomvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E165").Value = psupvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E166").Value = pinfvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E167").Value = precvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E168").Value = ptotventvacio

'-----
' P RDIDAS POR CONVECCIN
'-----

```

```

Dim pcojs As Double
Dim pcoji As Double
Dim pcoje As Double
Dim ptotcojvacio As Double

pcojs = calesp * denagua * (f_coj_sup / 3600) * difsup ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete superior por conveccin son " & pcojs

pcoji = calesp * denagua * (f_coj_inf / 3600) * difinf ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete inferior por conveccin son " & pcoji

pcoje = calesp * denagua * (f_coj_emp / 3600) * difemp ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete de empuje por conveccin son " & pcoje

'Calculamos las p rdidas totales por los medios de refrigeracin

ptotcojvacio = pcojs + pcoji + pcoje
' MsgBox " Las p rdidas totales por los medios de refrigeracin son: " & ptotcojvacio

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E156").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E157").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E158").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E159").Value = ptotcojvacio

'DATOS POWERBI

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E300").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E301").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E302").Value = pcoje

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E306").Value = pradvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E307").Value = pdomvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E308").Value = psupvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E309").Value = pinfvacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E310").Value = precvacio

'-----
' P RDIDAS E L CTRICAS
'-----
' Ingresamos los valores

Dim vesc As Double
Dim aesc As Double
Dim uesc As Double
Dim pesc As Double
Dim desc As Double
Dim trotor As Double
Dim rrotor75 As Double
Dim vgenv As Double
Dim vgenom As Double
Dim iexc As Double

If txt_v_esc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    vesc = Cdbl(txt_v_esc.Value)
End If

If txt_a_esc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    aesc = Cdbl(txt_a_esc.Value)
End If

If txt_u_esc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    uesc = Cdbl(txt_u_esc.Value)
End If

If txt_p_esc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico

```

```

    pesc = CDb1(txt_p_esc.Value)
End If

If txt_delta_esc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    desc = CDb1(txt_delta_esc.Value)
End If

If txt_temp_rot.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    trotor = CDb1(txt_temp_rot.Value)
End If

If txt_res_rot_75.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    rrotor75 = CDb1(txt_res_rot_75.Value)
End If

If txt_vol_vaci.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    vgenv = CDb1(txt_vol_vaci.Value)
End If

If txt_vol_nom.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    vgennom = CDb1(txt_vol_nom.Value)
End If

If txtiexc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de Superficie del Domo"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    iexc = CDb1(txtiexc.Value)
End If

' P rdidas en el cobre del rotor

Dim pcobre_rot_vacio As Double
Dim rrotor As Double ' resistencia rotor a temperatura de la prueba

rrotor = ((235 + trotor) / (235 + 75)) * rrotor75
pcobre_rot_vacio = ((iexc * iexc) * rrotor) / 1000

' P rdidas en las escobillas

Dim pescf As Double
Dim pesce As Double
Dim pescobillas As Double

pescf = (vesc * aesc * uestc * pesc) / 1000
pesce = (2 * iexc * desc) / 1000
pescobillas = pescf + pesce

' P rdidas en el ncleo

Dim pnucleo As Double
Dim pnucleonom As Double ' P rdidas en el ncleo ajustado a voltaje Nominal
Dim pvent_giro As Double

Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
pvent_giro = Giro.Cells(168, "E").Value
pnucleo = ptotventvacio - pvent_giro - pcobre_rot_vacio - pescobillas
pnucleonom = (((vgennom * vgennom) / (vgenv * vgenv))) * pnucleo
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E172").Value = pcobre_rot_vacio
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E173").Value = pescobillas
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E174").Value = pnucleo
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_VACIO").Range("E175").Value = pnucleonom

End Sub

```

Anexo D

Cálculo de pérdidas en corto circuito

```

VERSION 1.0 CLASS
BEGIN
    MultiUse = -1 'True
END
Attribute VB_Name = "Hoja6"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = True
Private Sub cmd_corto_Click()
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del domo superficial
Dim Tabla_dom_corto As Range
Dim corto As Worksheet
Dim ultimaFila As Long
Dim ultimaColumna As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim Promedios As Variant
Dim promediosf As Variant
Dim promediodom As Variant

' Asignamos el nombre la hoja y tabla a las variables
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")
Set Tabla_dom_corto = corto.Range("Tabla_rtd_dom_corto")

ultimaFila = Tabla_dom_corto.Rows.Count
ultimaColumna = Tabla_dom_corto.Columns.Count

ReDim Promedios(1 To ultimaColumna - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna
    Promedios(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_dom_corto.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf = WorksheetFunction.Average(Promedios)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
' tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del domo del medio
Dim Tabla_doms_corto As Range
Dim ultimaFila1 As Long
Dim ultimaColumna1 As Long
Dim promedios1 As Variant
Dim promediosf1 As Variant

' Asignamos el nombre de la hoja y tabla a las variables
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")
Set Tabla_doms_corto = corto.Range("Tabla_rtd_doms_corto")

ultimaFila1 = Tabla_doms_corto.Rows.Count
ultimaColumna1 = Tabla_doms_corto.Columns.Count

ReDim promedios1(1 To ultimaColumna1 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna1
    promedios1(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_doms_corto.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf1 = WorksheetFunction.Average(promedios1)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf1
,
'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del domo

promediodom = promediosf - promediosf1
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfiice y el medio del domo es : " & promediodom
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa superior superficial

```

```

Dim Tabla_sup_corto As Range
Dim ultimaFila2 As Long
Dim ultimaColumna2 As Long
Dim promedios2 As Variant
Dim promediosf2 As Variant
Dim promediosup As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")
Set Tabla_sup_corto = corto.Range("Tabla_rtd_sup_corto")

ultimaFila2 = Tabla_sup_corto.Rows.Count
ultimaColumna2 = Tabla_sup_corto.Columns.Count

ReDim promedios2(1 To ultimaColumna2 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna2
    promedios2(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_sup_corto.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf2 = WorksheetFunction.Average(promedios2)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf2

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa superior medio
Dim Tabla_sups_corto As Range
Dim ultimaFila3 As Long
Dim ultimaColumna3 As Long
Dim promedios3 As Variant
Dim promediosf3 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")
Set Tabla_sups_corto = corto.Range("Tabla_rtd_sups_corto")

ultimaFila3 = Tabla_sups_corto.Rows.Count
ultimaColumna3 = Tabla_sups_corto.Columns.Count

ReDim promedios3(1 To ultimaColumna3 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna3
    promedios3(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_sups_corto.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf3 = WorksheetFunction.Average(promedios3)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf3

'-----

'Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
'las resistencias del medio de la tapa superior

promediosup = promediosf2 - promediosf3
'MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio de la tapa superior es : " &
promediosup

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del recinto de la superficie
Dim Tabla_rec_corto As Range
Dim ultimaFila4 As Long
Dim ultimaColumna4 As Long
Dim promedios4 As Variant
Dim promediosf4 As Variant
Dim promediorec As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")
Set Tabla_rec_corto = corto.Range("Tabla_rtd_rec_corto")

ultimaFila4 = Tabla_rec_corto.Rows.Count
ultimaColumna4 = Tabla_rec_corto.Columns.Count

```



```

ReDim promedios4(1 To ultimaColumna4 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna4
    promedios4(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_rec_corto.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf4 = WorksheetFunction.Average(promedios4)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
  tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf4

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del recinto del medio
Dim Tabla_recs_corto As Range
Dim ultimaFila5 As Long
Dim ultimaColumna5 As Long
Dim promedios5 As Variant
Dim promediosf5 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")
Set Tabla_recs_corto = corto.Range("Tabla_rtd_recs_corto")

ultimaFila5 = Tabla_recs_corto.Rows.Count
ultimaColumna5 = Tabla_recs_corto.Columns.Count

ReDim promedios5(1 To ultimaColumna5 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna5
    promedios5(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_recs_corto.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf5 = WorksheetFunction.Average(promedios5)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf5

,

'-----
' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del recinto

promediorec = promediosf4 - promediosf5
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superficie y el medio del recinto es : " &
  promediorec

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa inferior de la superficie
Dim Tabla_inf_corto As Range
Dim ultimaFila6 As Long
Dim ultimaColumna6 As Long
Dim promedios6 As Variant
Dim promediosf6 As Variant
Dim promedioinf As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")
Set Tabla_inf_corto = corto.Range("Tabla_rtd_inf_corto")

ultimaFila6 = Tabla_inf_corto.Rows.Count
ultimaColumna6 = Tabla_inf_corto.Columns.Count

ReDim promedios6(1 To ultimaColumna6 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna6
    promedios6(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_inf_corto.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf6 = WorksheetFunction.Average(promedios6)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
  tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf6

```

```

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa inferior del medio
Dim Tabla_infs_corto As Range
Dim ultimaFila7 As Long
Dim ultimaColumna7 As Long
Dim promedios7 As Variant
Dim promediosf7 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")
Set Tabla_infs_corto = corto.Range("Tabla_rtd_infs_corto")

ultimaFila7 = Tabla_infs_corto.Rows.Count
ultimaColumna7 = Tabla_infs_corto.Columns.Count

ReDim promedios7(1 To ultimaColumna7 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna7
    promedios7(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_infs_corto.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf7 = WorksheetFunction.Average(promedios7)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf7
'
'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del recinto

promedioinf = promediosf6 - promediosf7
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfiice y el medio del recinto es : " &
    promedioinf

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las rtd del ingreso y salida de agua a los cojinetes/
' despues restamos
' la diferencia entre el ingreso y la salida
' Declarar variables
Dim Tabla_coji_corto As Range
Dim Tabla_cojs_corto As Range
Dim ultimaFila8 As Long
Dim ultimaColumna8 As Long
Dim ultimaFila9 As Long
Dim ultimaColumna9 As Long
Dim promedios8() As Variant
Dim promedios9() As Variant
Dim promedios_diff() As Variant
Dim resultadocoj() As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_coji_corto = corto.Range("Tabla_rtd_coj_corto")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_cojs_corto = corto.Range("Tabla_rtd_cojs_corto")

' Obtener las ltimas filas y columnas de ambas tablas
ultimaFila8 = Tabla_coji_corto.Rows.Count
ultimaColumna8 = Tabla_coji_corto.Columns.Count
ultimaFila9 = Tabla_cojs_corto.Rows.Count
ultimaColumna9 = Tabla_cojs_corto.Columns.Count

' Redimensionar el array de promedios para almacenar los promedios de la tabla 1
ReDim promedios8(1 To 1, 1 To ultimaColumna8 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 1
For j = 2 To ultimaColumna8
    promedios8(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_coji_corto.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios8 para almacenar los promedios de la tabla 2
ReDim promedios9(1 To 1, 1 To ultimaColumna9 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 2
For j = 2 To ultimaColumna9

```

```

    promedios9(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_cojs_corto.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios_diff para almacenar la diferencia entre los promedios de ambas
  tablas
ReDim promedios_diff(1 To 1, 1 To ultimaColumna8 - 1)

' Calcular la diferencia entre los promedios de las dos tablas y almacenarlos en promedios_diff
For j = 1 To ultimaColumna8 - 1
    promedios_diff(1, j) = promedios8(1, j) - promedios9(1, j)
Next j

' Redimensionar el array resultado para almacenar los valores finales
ReDim resultadocoj(1 To ultimaColumna8 - 1)

' Asignar los valores finales a la variable resultado
For i = 1 To UBound(promedios_diff, 2)
    resultadocoj(i) = promedios_diff(1, i)
Next i

' Guardamos los valores de la matriz de cálculo de diferencia de temperatura en variables separadas

Dim difcoj1 As Double
Dim difcoj2 As Double
Dim difcoj3 As Double
Dim difsup As Double
Dim difinf As Double
Dim difemp As Double

difcoj1 = resultadocoj(1)
difcoj2 = resultadocoj(2)
difcoj3 = resultadocoj(3)

difsup = Abs(difcoj1)
difinf = Abs(difcoj2)
difemp = Abs(difcoj3)

' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete
  superior es : " & difsup
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete
  inferior es : " & difinf
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete de
  empuje es : " & difemp

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las rtd del ingreso y salida de agua a los radiadores
  después restamos
' la diferencia entre el ingreso y la salida
' Declarar variables
Dim Tabla_radi_corto As Range
Dim Tabla_rads_corto As Range
Dim ultimaFila10 As Long
Dim ultimaColumna10 As Long
Dim ultimaFila11 As Long
Dim ultimaColumna11 As Long
Dim promedios10() As Variant
Dim promedios11() As Variant
Dim promedios_diff1() As Variant
Dim resultadorad() As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_radi_corto = corto.Range("Tabla_rtd_rad_corto")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_rads_corto = corto.Range("Tabla_rtd_rads_corto")

' Obtener las últimas filas y columnas de ambas tablas
ultimaFila10 = Tabla_radi_corto.Rows.Count
ultimaColumna10 = Tabla_radi_corto.Columns.Count
ultimaFila11 = Tabla_rads_corto.Rows.Count
ultimaColumna11 = Tabla_rads_corto.Columns.Count

' Redimensionar el array de promedios para almacenar los promedios de la tabla 1
ReDim promedios10(1 To 1, 1 To ultimaColumna10 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 1
For j = 2 To ultimaColumna10
    promedios10(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_radi_corto.Columns(j))
Next j

```

```

' Redimensionar el array de promedios8 para almacenar los promedios de la tabla 2
ReDim promedios11(1 To 1, 1 To ultimaColumna11 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 2
For j = 2 To ultimaColumna11
    promedios11(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_rads_corto.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios_diff para almacenar la diferencia entre los promedios de ambas
tablas
ReDim promedios_diff1(1 To 1, 1 To ultimaColumna10 - 1)

' Calcular la diferencia entre los promedios de las dos tablas y almacenarlos en promedios_diff
For j = 1 To ultimaColumna10 - 1
    promedios_diff1(1, j) = promedios10(1, j) - promedios11(1, j)
Next j

' Redimensionar el array resultado para almacenar los valores finales
ReDim resultadorad(1 To ultimaColumna10 - 1)

' Asignar los valores finales a la variable resultado
For i = 1 To UBound(promedios_diff1, 2)
    resultadorad(i) = promedios_diff1(1, i)
Next i

' Guardamos los valores de la matriz de cálculo de diferencia de temperatura en variables separadas
Dim difrad1 As Double
difrad1 = Abs(resultadorad(1))

' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del radiador 1
es : " & difrad1

'-----
'Sacamos el promedio de flujo de agua de cada cojinete

Dim Tabla_flujccorto As ListObject
Dim prom_fluj_coj_corto() As Double
Dim f_coj_sup As Double
Dim f_coj_inf As Double
Dim f_coj_emp As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_flujccorto = corto.ListObjects("Tabla_flujc_coj_corto")

' Redimensionar el array de promedios (una entrada por cada columna de la tabla)
ReDim prom_fluj_coj_corto(1 To Tabla_flujccorto.ListColumns.Count)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla (a partir de la segunda columna) y guardar en
la variable
For i = 2 To Tabla_flujccorto.ListColumns.Count ' Comenzamos desde la segunda columna ( ndice
2)
    prom_fluj_coj_corto(i) = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_flujccorto.ListColumns(i)
).DataBodyRange)
Next i

f_coj_sup = prom_fluj_coj_corto(2)
f_coj_inf = prom_fluj_coj_corto(3)
f_coj_emp = prom_fluj_coj_corto(4)

' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete Superior: " & f_coj_sup
' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete Inferior: " & f_coj_inf
' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete de Empuje: " & f_coj_emp

'-----
'Sacamos el promedio de flujo de agua del Radiador

Dim Tabla_flujrcorto As ListObject
Dim prom_fluj_rad_corto() As Double
Dim f_rad_corto As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_flujrcorto = corto.ListObjects("Tabla_flujr_coj_corto")

```

```

' Redimensionar el array de promedios (una entrada por cada columna de la tabla)
ReDim prom_fluj_rad_corto(1 To Tabla_flujrcorto.ListColumns.Count)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla (a partir de la segunda columna) y guardar en
  la variable
For i = 2 To Tabla_flujrcorto.ListColumns.Count ' Comenzamos desde la segunda columna ( ndice
  2)
  prom_fluj_rad_corto(i) = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_flujrcorto.ListColumns(i)
    ).DataBodyRange)
Next i

f_rad_corto = prom_fluj_rad_corto(2)

' MsgBox "Flujo Promedio del Radiador: " & f_rad_corto

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de velocidad del viento en la tapa superior, recinto y tapa
  inferior

Dim Tabla_vientos_corto As Range
Dim Tabla_viento_i_corto As Range
Dim Tabla_viento_r_corto As Range
Dim ultimaFilal2 As Long
Dim ultimaColumnal2 As Long
Dim ultimaFilal3 As Long
Dim ultimaColumnal3 As Long
Dim ultimaFilal4 As Long
Dim ultimaColumnal4 As Long
Dim promedio12 As Double
Dim promedio13 As Double
Dim promedio14 As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_vientos_corto = corto.Range("Tabla_viento_sup_corto")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_viento_i_corto = corto.Range("Tabla_viento_inf_corto")

' Asignar el rango de la tabla de la tercera hoja a la variable
Set Tabla_viento_r_corto = corto.Range("Tabla_viento_recinto_corto")

' Calcular el promedio de la tabla viento superior
promedio12 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_vientos_corto)

' Calcular el promedio de la tabla viento inferior
promedio13 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_viento_i_corto)

' Calcular el promedio de la tabla viento recinto
promedio14 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_viento_r_corto)

' Mostrar los promedios en un MsgBox
' MsgBox "Promedio de la tabla de viento sup: " & promedio12 & vbCrLf & _
  "Promedio de la tabla de viento inf: " & promedio13 & vbCrLf & _
  "Promedio de la tabla de viento recinto: " & promedio14
'-----
' Calculamos las p rdidas durante la prueba de corto m e c nico
'-----
' PERDIDAS POR VENTILACION
'-----
' Pérdida superficial en el domo del generador
Dim calesp As Double ' Calor específico del agua
Dim denagua As Double ' Densidad del agua
Dim sdom As Double
Dim ssup As Double
Dim srec As Double
Dim sinf As Double

calesp = 4.179
denagua = 997

' Ingresamos los valores de superficie

' Accede a los valores de los cuadros de texto en la hoja "GIRO_MECANICO"
Dim Giro As Worksheet
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

```

```

' Acceder al valor del cuadro de texto tatsdom en la hoja "GIRO_MECANICO" usando .Value
sdom = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsdom").Object.Value)
ssup = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtssup").Object.Value)
srec = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsrec").Object.Value)
sinf = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsinf").Object.Value)

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en el DOMO

Dim hsup As Double
Dim hinf As Double
Dim hrec As Double

'h en la tapa superior
hsup = 11 + 3 * promedio12
' MsgBox " el h en la tapa sup es : " & hsup

' P rdida Domo
Dim pdomcorto As Double

pdomcorto = (sdom * hsup * promediodom) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en el DOMO es " & pdomcorto

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en la TAPA SUPERIOR
' P rdida Tapa Superior
Dim psupcorto As Double

psupcorto = (ssup * hsup * promediosup) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en la TAPA SUPERIOR es " & psupcorto

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en la TAPA INFERIOR
'h en la tapa inferior
hinf = 11 + 3 * promedio13

' P rdida Tapa INFERIOR
Dim pinfcorto As Double

pinfcorto = (sinf * hinf * promedioinf) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en la TAPA INFERIOR es " & pinfcorto

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en el recinto
'h en el recinto
hrec = 11 + 3 * promedio14

' P rdida RECINTO
Dim preccorto As Double

preccorto = (srec * hrec * promediorec) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en el RECINTO es " & preccorto

' P rdida en los RADIADORES
Dim pradcorto As Double

pradcorto = calesp * denagua * difradl * (f_rad_corto / 3600)
' MsgBox " La p rdida por ventilacin en el Radiador es " & pradcorto

'Calculamos las p rdidas totales por Ventilacin

Dim ptotventcorto As Double

ptotventcorto = pdomcorto + psupcorto + pinfcorto + preccorto + pradcorto

' MsgBox " Las p rdidas Totales por Ventilacin son de " & ptotventcorto

'Visualizamos los valores de las p rdidas en las celdas correspondientes en la hoja de clculo
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E163").Value = pradcorto
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E164").Value = pdomcorto
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E165").Value = psupcorto
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E166").Value = pinfcorto
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E167").Value = preccorto
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E168").Value = ptotventcorto

'-----
' P RDIDAS POR CONVECCIN
'-----

```

```

Dim pcojs As Double
Dim pcoji As Double
Dim pcoje As Double
Dim ptotcojcorso As Double

pcojs = calesp * denagua * (f_coj_sup / 3600) * difsup ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete superior por conveccion son " & pcojs

pcoji = calesp * denagua * (f_coj_inf / 3600) * difinf ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete inferior por conveccion son " & pcoji

pcoje = calesp * denagua * (f_coj_emp / 3600) * difemp ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete de empuje por conveccion son " & pcoje

'Calculamos las p rdidas totales por los medios de refrigeracin

ptotcojcorso = pcojs + pcoji + pcoje
' MsgBox " Las p rdidas totales por los medios de refrigeracin son: " & ptotcojcorso

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E156").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E157").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E158").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E159").Value = ptotcojcorso

' DATOS POWER BI

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E300").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E301").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E302").Value = pcoje

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E306").Value = pradcorso
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E307").Value = pdomcorso
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E308").Value = psupcorso
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E309").Value = pinfcorso
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E310").Value = preccorso

'-----
' P RDIDAS E L CTRICAS
'-----
' Ingresamos los valores

Dim vesc As Double
Dim aesc As Double
Dim uesc As Double
Dim pesc As Double
Dim desc As Double
Dim trotorc As Double
Dim rrotor75c As Double
Dim iexcc As Double
Dim testator As Double
Dim restatora75 As Double
Dim restatorb75 As Double
Dim restatorc75 As Double
Dim iestatora As Double
Dim iestatorb As Double
Dim iestatorc As Double

Dim Vacio As Worksheet
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")

' Acceder al valor del cuadro de texto en la hoja "PRUEBA_VACIO" usando .Value
vesc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_v_esc").Object.Value)
aesc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_a_esc").Object.Value)
uesc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_u_esc").Object.Value)
pesc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_p_esc").Object.Value)
desc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_delta_esc").Object.Value)

' Ingresamos los valores de texto de la Hoja "PRUEBA_CORTO" usand .Value

If txt_temp_rotc.Value = "" Then
MsgBox " Ingrese Valor de Temperatura del rotor"
Else
' Convertir valor a tipo de datos numrico
trotorc = Cdbl(txt_temp_rotc.Value)

```

```

End If

If txt_res_rot_75c.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la resistencia del rotor a 75 C "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  rrotor75c = Cdbl(txt_res_rot_75c.Value)
End If

If txt_iexcc.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la corriente de Excitación "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  iexcc = Cdbl(txt_iexcc.Value)
End If

If txt_tem_esta.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la temperatura del estator "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  testator = Cdbl(txt_tem_esta.Value)
End If

'MsgBox " temperatura estator : " & testator

If txt_res_est_75a.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la resistencia del estator fase A a 75 C "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  restatora75 = Cdbl(txt_res_est_75a.Value)
End If

'MsgBox " resistencia del estator Fase A 75 : " & restatora75

If txt_res_est_75b.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la resistencia del estator fase B a 75 C "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  restatorb75 = Cdbl(txt_res_est_75b.Value)
End If

If txt_res_est_75c.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la resistencia del estator fase C a 75 C "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  restatorc75 = Cdbl(txt_res_est_75c.Value)
End If

If txt_iarma.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la corriente del estator fase A "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  iestatora = Cdbl(txt_iarma.Value)
End If

If txt_iarmb.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la corriente del estator fase B "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  iestatorb = Cdbl(txt_iarmb.Value)
End If

If txt_iarmc.Value = "" Then
  MsgBox "Ingrese el Valor de la corriente del estator fase C "
Else
  'Convertir valor a tipo de datos numérico
  iestatorc = Cdbl(txt_iarmc.Value)
End If

' Pérdidas en el cobre del rotor

Dim pcobre_rot_corto As Double
Dim rrotorc As Double ' resistencia rotor a temperatura de la prueba

rrotorc = ((235 + trotorc) / (235 + 75)) * rrotor75c
'MsgBox " resistencia del rotor : " & rrotorc
'MsgBox " rcorriente de excitación : " & iexcc
pcobre_rot_corto = ((iexcc * iexcc) * rrotorc) / 1000

' Pérdidas en las escobillas

Dim pescf As Double

```



```

Dim pesce As Double
Dim pescobillas As Double

pescf = (vesc * aesc * uesc * pesc) / 1000
'MsgBox "escobillas fricción" & pescf
pesce = (2 * iexcc * desc) / 1000
pescobillas = pescf + pesce

' P rdidas en el cobre del estator

Dim pcobre_est_a As Double
Dim pcobre_est_b As Double
Dim pcobre_est_c As Double
Dim ptot_cobre_est As Double
Dim restatora As Double ' resistencia del bobinado fase A del estator a temperatura de la prueba
Dim restatorb As Double ' resistencia del bobinado fase A del estator a temperatura de la prueba
Dim restatorc As Double ' resistencia del bobinado fase A del estator a temperatura de la prueba
Dim pvent_giro As Double
Dim padicionales As Double

restatora = ((235 + testator) / (235 + 75)) * restatora75
'MsgBox " resistencia del estator fase a: " & restatora
restatorb = ((235 + testator) / (235 + 75)) * restatorb75
restatorc = ((235 + testator) / (235 + 75)) * restatorc75

pcobre_est_a = ((iestatora * iestatora) * restatora) / 1000
pcobre_est_b = ((iestatorb * iestatorb) * restatorb) / 1000
pcobre_est_c = ((iestatorc * iestatorc) * restatorc) / 1000

ptot_cobre_est = pcobre_est_a + pcobre_est_b + pcobre_est_c

' P rdidas adicionales

Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")
pvent_giro = Giro.Cells(168, "E").Value
padicionales = ptotventcorto - pvent_giro - pescobillas - pcobre_rot_corto - ptot_cobre_est

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E172").Value = pcobre_rot_corto
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E173").Value = pescobillas
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E174").Value = pcobre_est_a
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E175").Value = pcobre_est_b
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E176").Value = pcobre_est_c
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E177").Value = ptot_cobre_est
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_CORTO").Range("E178").Value = padicionales

End Sub

```

Anexo E

Cálculo de pérdidas en el punto nominal

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 147

```

VERSION 1.0 CLASS
BEGIN
    MultiUse = -1    'True
END
Attribute VB_Name = "Hoja7"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = True
Private Sub cmd_nominal_Click()
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del domo superficial
Dim Tabla_dom_nominal As Range
Dim Nominal As Worksheet
Dim ultimaFila As Long
Dim ultimaColumna As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim Promedios As Variant
Dim promediosf As Variant
Dim promediodom As Variant

' Asignamos el nombre la hoja y tabla a las variables
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")
Set Tabla_dom_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_dom_nominal")

ultimaFila = Tabla_dom_nominal.Rows.Count
ultimaColumna = Tabla_dom_nominal.Columns.Count

ReDim Promedios(1 To ultimaColumna - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna
    Promedios(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_dom_nominal.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf = WorksheetFunction.Average(Promedios)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
' tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del domo del medio
Dim Tabla_doms_nominal As Range
Dim ultimaFila1 As Long
Dim ultimaColumna1 As Long
Dim promedios1 As Variant
Dim promediosf1 As Variant

' Asignamos el nombre de la hoja y tabla a las variables
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")
Set Tabla_doms_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_doms_nominal")

ultimaFila1 = Tabla_doms_nominal.Rows.Count
ultimaColumna1 = Tabla_doms_nominal.Columns.Count

ReDim promedios1(1 To ultimaColumna1 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna1
    promedios1(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_doms_nominal.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf1 = WorksheetFunction.Average(promedios1)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf1
,
'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del domo

promediodom = promediosf - promediosf1
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfi ce y el medio del domo es : " & promediodom
'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa superior superficial

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 148

```

Dim Tabla_sup_nominal As Range
Dim ultimaFila2 As Long
Dim ultimaColumna2 As Long
Dim promedios2 As Variant
Dim promediosf2 As Variant
Dim promediosup As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")
Set Tabla_sup_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_sup_nominal")

ultimaFila2 = Tabla_sup_nominal.Rows.Count
ultimaColumna2 = Tabla_sup_nominal.Columns.Count

ReDim promedios2(1 To ultimaColumna2 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna
    promedios2(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_sup_nominal.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf2 = WorksheetFunction.Average(promedios2)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf2

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa superior medio
Dim Tabla_sups_nominal As Range
Dim ultimaFila3 As Long
Dim ultimaColumna3 As Long
Dim promedios3 As Variant
Dim promediosf3 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")
Set Tabla_sups_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_sups_nominal")

ultimaFila3 = Tabla_sups_nominal.Rows.Count
ultimaColumna3 = Tabla_sups_nominal.Columns.Count

ReDim promedios3(1 To ultimaColumna3 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna3
    promedios3(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_sups_nominal.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf3 = WorksheetFunction.Average(promedios3)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf3

'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio de la tapa superior

promediosup = promediosf2 - promediosf3
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superfice y el medio de la tapa superior es : " &
promediosup

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del recinto de la superficie
Dim Tabla_rec_nominal As Range
Dim ultimaFila4 As Long
Dim ultimaColumna4 As Long
Dim promedios4 As Variant
Dim promediosf4 As Variant
Dim promediorec As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")
Set Tabla_rec_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_rec_nominal")

ultimaFila4 = Tabla_rec_nominal.Rows.Count
ultimaColumna4 = Tabla_rec_nominal.Columns.Count

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 149

```

ReDim promedios4(1 To ultimaColumna4 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna4
    promedios4(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_rec_nominal.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf4 = WorksheetFunction.Average(promedios4)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
  tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf4

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias del recinto del medio
Dim Tabla_recs_nominal As Range
Dim ultimaFila5 As Long
Dim ultimaColumna5 As Long
Dim promedios5 As Variant
Dim promediosf5 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")
Set Tabla_recs_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_recs_nominal")

ultimaFila5 = Tabla_recs_nominal.Rows.Count
ultimaColumna5 = Tabla_recs_nominal.Columns.Count

ReDim promedios5(1 To ultimaColumna5 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna5
    promedios5(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_recs_nominal.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf5 = WorksheetFunction.Average(promedios5)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf5

,

'-----
' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del recinto

promediorec = promediosf4 - promediosf5
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superficie y el medio del recinto es : " &
  promediorec

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa inferior de la superficie
Dim Tabla_inf_nominal As Range
Dim ultimaFila6 As Long
Dim ultimaColumna6 As Long
Dim promedios6 As Variant
Dim promediosf6 As Variant
Dim promedioinf As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")
Set Tabla_inf_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_inf_nominal")

ultimaFila6 = Tabla_inf_nominal.Rows.Count
ultimaColumna6 = Tabla_inf_nominal.Columns.Count

ReDim promedios6(1 To ultimaColumna6 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna6
    promedios6(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_inf_nominal.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf6 = WorksheetFunction.Average(promedios6)

' La variable "promedioFinal" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la
  tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf6

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 150

```

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las resistencias de la tapa inferior del medio
Dim Tabla_infs_nominal As Range
Dim ultimaFila7 As Long
Dim ultimaColumna7 As Long
Dim promedios7 As Variant
Dim promediosf7 As Variant

' Asignamos el nombre de tu hoja y tabla a las variables
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")
Set Tabla_infs_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_infs_nominal")

ultimaFila7 = Tabla_infs_nominal.Rows.Count
ultimaColumna7 = Tabla_infs_nominal.Columns.Count

ReDim promedios7(1 To ultimaColumna7 - 1)

' Calcula el promedio de cada columna
For j = 2 To ultimaColumna7
    promedios7(j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_infs_nominal.Columns(j))
Next j

' Calcula el promedio de los valores promedio de las columnas
promediosf7 = WorksheetFunction.Average(promedios7)

' La variable "promediosf1" contiene el promedio de los valores promedio de las columnas de la tabla
' MsgBox "El promedio final es: " & promediosf7
'
'-----

' Ahora calculamos la diferencia entre el promedio de la tabla de las resistencia superficiales y
' las resistencias del medio del recinto

promedioinf = promediosf6 - promediosf7
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la superficie y el medio del recinto es : " &
    promedioinf

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las rtd del ingreso y salida de agua a los cojinetes/
' despues restamos
' la diferencia entre el ingreso y la salida
' Declarar variables
Dim Tabla_coji_nominal As Range
Dim Tabla_cojs_nominal As Range
Dim ultimaFila8 As Long
Dim ultimaColumna8 As Long
Dim ultimaFila9 As Long
Dim ultimaColumna9 As Long
Dim promedios8() As Variant
Dim promedios9() As Variant
Dim promedios_diff() As Variant
Dim resultadocoj() As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_coji_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_coj_nominal")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_cojs_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_cojs_nominal")

' Obtener las ltimas filas y columnas de ambas tablas
ultimaFila8 = Tabla_coji_nominal.Rows.Count
ultimaColumna8 = Tabla_coji_nominal.Columns.Count
ultimaFila9 = Tabla_cojs_nominal.Rows.Count
ultimaColumna9 = Tabla_cojs_nominal.Columns.Count

' Redimensionar el array de promedios para almacenar los promedios de la tabla 1
ReDim promedios8(1 To 1, 1 To ultimaColumna8 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 1
For j = 2 To ultimaColumna8
    promedios8(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_coji_nominal.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios8 para almacenar los promedios de la tabla 2
ReDim promedios9(1 To 1, 1 To ultimaColumna9 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 2
For j = 2 To ultimaColumna9

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 151

```

    promedios9(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_cojs_nominal.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios_diff para almacenar la diferencia entre los promedios de ambas
  tablas
ReDim promedios_diff(1 To 1, 1 To ultimaColumna8 - 1)

' Calcular la diferencia entre los promedios de las dos tablas y almacenarlos en promedios_diff
For j = 1 To ultimaColumna8 - 1
    promedios_diff(1, j) = promedios8(1, j) - promedios9(1, j)
Next j

' Redimensionar el array resultado para almacenar los valores finales
ReDim resultadocej(1 To ultimaColumna8 - 1)

' Asignar los valores finales a la variable resultado
For i = 1 To UBound(promedios_diff, 2)
    resultadocej(i) = promedios_diff(1, i)
Next i

' Guardamos los valores de la matriz de cálculo de diferencia de temperatura en variables separadas

Dim difcoj1 As Double
Dim difcoj2 As Double
Dim difcoj3 As Double
Dim difsup As Double
Dim difinf As Double
Dim difemp As Double

difcoj1 = resultadocej(1)
difcoj2 = resultadocej(2)
difcoj3 = resultadocej(3)

difsup = Abs(difcoj1)
difinf = Abs(difcoj2)
difemp = Abs(difcoj3)

' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete
  superior es : " & difsup
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete
  inferior es : " & difinf
' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del cojinete de
  empuje es : " & difemp

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de las rtd del ingreso y salida de agua a los radiadores
  después restamos
' la diferencia entre el ingreso y la salida
' Declarar variables
Dim Tabla_radi_nominal As Range
Dim Tabla_rads_nominal As Range
Dim ultimaFila10 As Long
Dim ultimaColumna10 As Long
Dim ultimaFila11 As Long
Dim ultimaColumna11 As Long
Dim promedios10() As Variant
Dim promedios11() As Variant
Dim promedios_diff1() As Variant
Dim resultadorad() As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_radi_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_rad_nominal")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_rads_nominal = Nominal.Range("Tabla_rtd_rads_nominal")

' Obtener las últimas filas y columnas de ambas tablas
ultimaFila10 = Tabla_radi_nominal.Rows.Count
ultimaColumna10 = Tabla_radi_nominal.Columns.Count
ultimaFila11 = Tabla_rads_nominal.Rows.Count
ultimaColumna11 = Tabla_rads_nominal.Columns.Count

' Redimensionar el array de promedios para almacenar los promedios de la tabla 1
ReDim promedios10(1 To 1, 1 To ultimaColumna10 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 1
For j = 2 To ultimaColumna10
    promedios10(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_radi_nominal.Columns(j))
Next j

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 152

```

' Redimensionar el array de promedios8 para almacenar los promedios de la tabla 2
ReDim promedios11(1 To 1, 1 To ultimaColumna11 - 1)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla 2
For j = 2 To ultimaColumna11
    promedios11(1, j - 1) = WorksheetFunction.Average(Tabla_rads_nominal.Columns(j))
Next j

' Redimensionar el array de promedios_diff para almacenar la diferencia entre los promedios de ambas
tablas
ReDim promedios_diff1(1 To 1, 1 To ultimaColumna10 - 1)

' Calcular la diferencia entre los promedios de las dos tablas y almacenarlos en promedios_diff
For j = 1 To ultimaColumna10 - 1
    promedios_diff1(1, j) = promedios10(1, j) - promedios11(1, j)
Next j

' Redimensionar el array resultado para almacenar los valores finales
ReDim resultadorad(1 To ultimaColumna10 - 1)

' Asignar los valores finales a la variable resultado
For i = 1 To UBound(promedios_diff1, 2)
    resultadorad(i) = promedios_diff1(1, i)
Next i

' Guardamos los valores de la matriz de cálculo de diferencia de temperatura en variables separadas
Dim difrad1 As Double
difrad1 = Abs(resultadorad(1))

' MsgBox "La diferencia de temperatura entre la temperatura de ingreso/salida de agua del radiador 1
es : " & difrad1

'-----
'Sacamos el promedio de flujo de agua de cada cojinete

Dim Tabla_flujcnominal As ListObject
Dim prom_fluj_coj_nominal() As Double
Dim f_coj_sup As Double
Dim f_coj_inf As Double
Dim f_coj_emp As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_flujcnominal = Nominal.ListObjects("Tabla_flujc_coj_nominal")

' Redimensionar el array de promedios (una entrada por cada columna de la tabla)
ReDim prom_fluj_coj_nominal(1 To Tabla_flujcnominal.ListColumns.Count)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla (a partir de la segunda columna) y guardar en
la variable
For i = 2 To Tabla_flujcnominal.ListColumns.Count ' Comenzamos desde la segunda columna ( ndice
2)
    prom_fluj_coj_nominal(i) = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_flujcnominal.
ListColumns(i).DataBodyRange)
Next i

f_coj_sup = prom_fluj_coj_nominal(2)
f_coj_inf = prom_fluj_coj_nominal(3)
f_coj_emp = prom_fluj_coj_nominal(4)

' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete Superior: " & f_coj_sup
' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete Inferior: " & f_coj_inf
' MsgBox "Flujo Promedio Cojinete de Empuje: " & f_coj_emp

'-----
'Sacamos el promedio de flujo de agua del Radiador

Dim Tabla_flujrnominal As ListObject
Dim prom_fluj_rad_nominal() As Double
Dim f_rad_nominal As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_flujrnominal = Nominal.ListObjects("Tabla_flujr_coj_nominal")

```


ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 153

```

' Redimensionar el array de promedios (una entrada por cada columna de la tabla)
ReDim prom_fluj_rad_nominal(1 To Tabla_flujrnominale.ListColumns.Count)

' Calcular el promedio de cada columna de la tabla (a partir de la segunda columna) y guardar en
  la variable
For i = 2 To Tabla_flujrnominale.ListColumns.Count ' Comenzamos desde la segunda columna ( ndice
  2)
  prom_fluj_rad_nominal(i) = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_flujrnominale.
    ListColumns(i).DataBodyRange)
Next i

f_rad_nominal = prom_fluj_rad_nominal(2)

' MsgBox "Flujo Promedio del Radiador: " & f_rad_nominal

'-----
' Sacamos el promedio de los valores de velocidad del viento en la tapa superior, recinto y tapa
  inferior

Dim Tabla_vientos_nominal As Range
Dim Tabla_viento_i_nominal As Range
Dim Tabla_viento_r_nominal As Range
Dim ultimaFilal2 As Long
Dim ultimaColumnal2 As Long
Dim ultimaFilal3 As Long
Dim ultimaColumnal3 As Long
Dim ultimaFilal4 As Long
Dim ultimaColumnal4 As Long
Dim promedio12 As Double
Dim promedio13 As Double
Dim promedio14 As Double

' Asignar el nombre de la hoja de trabajo a la variable
Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")

' Asignar el rango de la tabla de la primera hoja a la variable
Set Tabla_vientos_nominal = Nominal.Range("Tabla_viento_sup_nominal")

' Asignar el rango de la tabla de la segunda hoja a la variable
Set Tabla_viento_i_nominal = Nominal.Range("Tabla_viento_inf_nominal")

' Asignar el rango de la tabla de la tercera hoja a la variable
Set Tabla_viento_r_nominal = Nominal.Range("Tabla_viento_recinto_nominal")

' Calcular el promedio de la tabla viento superior
promedio12 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_vientos_nominal)

' Calcular el promedio de la tabla viento inferior
promedio13 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_viento_i_nominal)

' Calcular el promedio de la tabla viento recinto
promedio14 = Application.WorksheetFunction.Average(Tabla_viento_r_nominal)

' Mostrar los promedios en un MsgBox
' MsgBox "Promedio de la tabla de viento sup: " & promedio12 & vbCrLf & _
  "Promedio de la tabla de viento inf: " & promedio13 & vbCrLf & _
  "Promedio de la tabla de viento recinto: " & promedio14
'-----
' Calculamos las p rdidas durante la prueba de nominal m e c nico
'-----
' PERDIDAS POR VENTILACION
'-----
' Pérdida superficial en el domo del generador
Dim calesp As Double ' Calor espec fico del agua
Dim denagua As Double ' Densidad del agua
Dim sdom As Double
Dim ssup As Double
Dim srec As Double
Dim sinf As Double

calesp = 4.179
denagua = 997

' Ingresamos los valores de superficie

' Accede a los valores de los cuadros de texto en la hoja "GIRO_MECANICO"
Dim Giro As Worksheet
Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 154

```

' Acceder al valor del cuadro de texto tatsdom en la hoja "GIRO_MECANICO" usando .Value
sdom = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsdom").Object.Value)
ssup = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtssup").Object.Value)
srec = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsrec").Object.Value)
sinf = Cdbl(Giro.OLEObjects("txtsinf").Object.Value)

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en el DOMO

Dim hsup As Double
Dim hinf As Double
Dim hrec As Double

'h en la tapa superior
hsup = 11 + 3 * promedio12
' MsgBox " el h en la tapa sup es : " & hsup

' P rdida Domo
Dim pdomnominal As Double

pdomnominal = (sdom * hsup * promediodom) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en el DOMO es " & pdomnominal

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en la TAPA SUPERIOR
' P rdida Tapa Superior
Dim psupnominal As Double

psupnominal = (ssup * hsup * promediosup) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en la TAPA SUPERIOR es " & psupnominal

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en la TAPA INFERIOR
'h en la tapa inferior
hinf = 11 + 3 * promedio13

' P rdida Tapa INFERIOR
Dim pinfnominal As Double

pinfnominal = (sinf * hinf * promedioinf) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en la TAPA INFERIOR es " & pinfnominal

'Calculamos las p rdidas por irradiacin en el recinto
'h en el recinto
hrec = 11 + 3 * promedio14

' P rdida RECINTO
Dim precnominal As Double

precnominal = (srec * hrec * promediorec) / 1000
' MsgBox " La p rdida por irradiacin en el RECINTO es " & precnominal

' P rdida en los RADIADORES
Dim pradnominal As Double

pradnominal = calesp * denagua * difradi * (f_rad_nominal / 3600)
' MsgBox " La p rdida por ventilacin en el Radiador es " & pradnominal

'Calculamos las p rdidas totales por Ventilacin

Dim ptotventnominal As Double

ptotventnominal = pdomnominal + psupnominal + pinfnominal + precnominal + pradnominal

' MsgBox " Las p rdidas Totales por Ventilacin son de " & ptotventnominal

'Visualizamos los valores de las p rdidas en las celdas correspondientes en la hoja de clculo
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E163").Value = pradnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E164").Value = pdomnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E165").Value = psupnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E166").Value = pinfnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E167").Value = precnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E168").Value = ptotventnominal

'-----
' P RDIDAS POR CONVECCIN
'-----

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 155

```

Dim pcojs As Double
Dim pcoji As Double
Dim pcoje As Double
Dim ptotcojnominal As Double

pcojs = calesp * denagua * (f_coj_sup / 3600) * difsup ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete superior por conveccion son " & pcojs

pcoji = calesp * denagua * (f_coj_inf / 3600) * difinf ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete inferior por conveccion son " & pcoji

pcoje = calesp * denagua * (f_coj_emp / 3600) * difemp ' Se divide para 3600 para dejar el valor en
m3/seg
' MsgBox " Las p rdidas en el cojinete de empuje por conveccion son " & pcoje

'Calculamos las p rdidas totales por los medios de refrigeracin

ptotcojnominal = pcojs + pcoji + pcoje
' MsgBox " Las p rdidas totales por los medios de refrigeracin son: " & ptotcojnominal

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E156").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E157").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E158").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E159").Value = ptotcojnominal

' DATOS POWER BI

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E300").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E301").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E302").Value = pcoje

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E306").Value = pradnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E307").Value = pdomnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E308").Value = psupnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E309").Value = pinfnominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E310").Value = precnominal

'-----
' P RDIDAS E L CTRICAS
'-----
' Ingresamos los valores

Dim vesc As Double
Dim aesc As Double
Dim uesc As Double
Dim pesc As Double
Dim desc As Double
Dim trotorc As Double
Dim rrotor75c As Double
Dim iexcc As Double
Dim testator As Double
Dim restatora75 As Double
Dim restatorb75 As Double
Dim restatorc75 As Double
Dim iestatora As Double
Dim iestatorb As Double
Dim iestatorc As Double

Dim Vacio As Worksheet
Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")

' Acceder al valor del cuadro de texto en la hoja "PRUEBA_VACIO" usando .Value
vesc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_v_esc").Object.Value)
aesc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_a_esc").Object.Value)
uesc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_u_esc").Object.Value)
pesc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_p_esc").Object.Value)
desc = Cdbl(Vacio.OLEObjects("txt_delta_esc").Object.Value)

' Ingresamos los valores de texto de la Hoja "PRUEBA_NOMINAL" usand .Value

If txt_temp_rotc.Value = "" Then
MsgBox " Ingrese Valor de Temperatura del rotor"
Else
' Convertir valor a tipo de datos num rico
trotorc = Cdbl(txt_temp_rotc.Value)
End If

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 156

```

If txt_res_rot_75c.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de resistencia del rotor a 75 C "
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    rrotor75c = Cdbl(txt_res_rot_75c.Value)
End If

If txt_iexcc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de la corriente de Excitacion "
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    iexcc = Cdbl(txt_iexcc.Value)
End If

If txt_tem_esta.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de la temperatura del estator "
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    testator = Cdbl(txt_tem_esta.Value)
End If

'MsgBox " temperatura estator : " & testator

If txt_res_est_75a.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de la resistencia del estator fase A a 75 C "
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    restatora75 = Cdbl(txt_res_est_75a.Value)
End If

'MsgBox " resistencia del estator Fase A 75 : " & restatora75

If txt_res_est_75b.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de la resistencia del estator fase B a 75 C "
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    restatorb75 = Cdbl(txt_res_est_75b.Value)
End If

If txt_res_est_75c.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de la resistencia del estator fase C a 75 C "
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    restatorc75 = Cdbl(txt_res_est_75c.Value)
End If

If txt_iarma.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese el Valor de la corriente del estator fase A"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    iestatora = Cdbl(txt_iarma.Value)
End If

If txt_iarmb.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese el Valor de la corriente del estator fase B"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    iestatorb = Cdbl(txt_iarmb.Value)
End If

If txt_iarmc.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese el Valor de la corriente del estator fase C"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos numrico
    iestatorc = Cdbl(txt_iarmc.Value)
End If

' P rdidas en el cobre del rotor

Dim pcobre_rot_nominal As Double
Dim rrotorc As Double ' resistencia rotor a temperatura de la prueba

rrotorc = ((235 + trotorc) / (235 + 75)) * rrotor75c
'MsgBox " resistencia del rotor : " & rrotorc
'MsgBox " rcorriente de excitacion : " & iexcc
pcobre_rot_nominal = ((iexcc * iexcc) * rrotorc) / 1000

' P rdidas en las escobillas

Dim pescf As Double
Dim pesce As Double

```

ANEXO E. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN EL PUNTO NOMINAL 157

```
Dim pescobillas As Double

pescf = (vesc * aesc * uesc * pesc) / 1000
'MsgBox "escobillas fricción" & pescf
pesce = (2 * iexcc * desc) / 1000
pescobillas = pescf + pesce

' Pérdidas en el cobre del estator

Dim pcobre_est_a As Double
Dim pcobre_est_b As Double
Dim pcobre_est_c As Double
Dim ptot_cobre_est As Double
Dim restatora As Double ' resistencia del bobinado fase A del estator a temperatura de la prueba
Dim restatorb As Double ' resistencia del bobinado fase A del estator a temperatura de la prueba
Dim restatorc As Double ' resistencia del bobinado fase A del estator a temperatura de la prueba
Dim pvent_giro As Double
Dim padicionales As Double

restatora = ((235 + testator) / (235 + 75)) * restatora75
'MsgBox "resistencia del estator fase a: " & restatora
restatorb = ((235 + testator) / (235 + 75)) * restatorb75
restatorc = ((235 + testator) / (235 + 75)) * restatorc75

pcobre_est_a = ((iestatora * iestatora) * restatora) / 1000

pcobre_est_b = ((iestatorb * iestatorb) * restatorb) / 1000
pcobre_est_c = ((iestatorc * iestatorc) * restatorc) / 1000

ptot_cobre_est = pcobre_est_a + pcobre_est_b + pcobre_est_c

' Pérdidas adicionales

ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E172").Value = pcobre_rot_nominal
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E173").Value = pescobillas
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E174").Value = pcobre_est_a
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E175").Value = pcobre_est_b
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E176").Value = pcobre_est_c
ThisWorkbook.Sheets("PRUEBA_NOMINAL").Range("E177").Value = ptot_cobre_est

End Sub
```

Anexo F

Cálculo de Eficiencia

```

VERSION 1.0 CLASS
BEGIN
    MultiUse = -1 'True
END
Attribute VB_Name = "Hoja10"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = True
Private Sub cmd_eficiencia_Click()

    Dim EXCITACION As Worksheet
    Dim i50 As Double
    Dim i60 As Double
    Dim i70 As Double
    Dim i80 As Double
    Dim i90 As Double
    Dim i100 As Double
    Dim v50 As Double
    Dim v60 As Double
    Dim v70 As Double
    Dim v80 As Double
    Dim v90 As Double
    Dim v100 As Double
    Dim pexc50 As Double
    Dim pexc60 As Double
    Dim pexc70 As Double
    Dim pexc80 As Double
    Dim pexc90 As Double
    Dim pexc100 As Double
    Dim ping50 As Double
    Dim ping60 As Double
    Dim ping70 As Double
    Dim ping80 As Double
    Dim ping90 As Double
    Dim ping100 As Double

    'Calculamos las p rdidas en la exccitacin

    Set EXCITACION = ThisWorkbook.Worksheets("EXCITACION_GENERADOR")

    i50 = EXCITACION.Cells(9, "M").Value
    i60 = EXCITACION.Cells(8, "M").Value
    i70 = EXCITACION.Cells(7, "M").Value
    i80 = EXCITACION.Cells(6, "M").Value
    i90 = EXCITACION.Cells(5, "M").Value
    i100 = EXCITACION.Cells(4, "M").Value
    v50 = EXCITACION.Cells(9, "L").Value
    v60 = EXCITACION.Cells(8, "L").Value
    v70 = EXCITACION.Cells(7, "L").Value
    v80 = EXCITACION.Cells(6, "L").Value
    v90 = EXCITACION.Cells(5, "L").Value
    v100 = EXCITACION.Cells(4, "L").Value
    ping50 = EXCITACION.Cells(9, "C").Value
    ping60 = EXCITACION.Cells(8, "C").Value
    ping70 = EXCITACION.Cells(7, "C").Value
    ping80 = EXCITACION.Cells(6, "C").Value
    ping90 = EXCITACION.Cells(5, "C").Value
    ping100 = EXCITACION.Cells(4, "C").Value

    pexc50 = (ping50) - ((i50 * v50) / 1000)
    pexc60 = (ping60) - ((i60 * v60) / 1000)
    pexc70 = (ping70) - ((i70 * v70) / 1000)
    pexc80 = (ping80) - ((i80 * v80) / 1000)
    pexc90 = (ping90) - ((i90 * v90) / 1000)
    pexc100 = (ping100) - ((i100 * v100) / 1000)

    ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("N4").Value = pexc100
    ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("N5").Value = pexc90
    ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("N6").Value = pexc80
    ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("N7").Value = pexc70
    ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("N8").Value = pexc60
    ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("N9").Value = pexc50

    'Calculamos la p rdidas Totales a Potencia Nominal

    Dim pvent_giro As Double
    Dim pcojs As Double
    Dim pcoji As Double
    Dim pcoje As Double
    Dim pnuc As Double

```

```

Dim padi As Double
Dim pcrot As Double
Dim pcest As Double
Dim pesc As Double
Dim ptot100 As Double

Set Giro = ThisWorkbook.Worksheets("GIRO_MECANICO")

pvent_giro = Giro.Cells(168, "E").Value
pcojs = Giro.Cells(156, "E").Value
pcoji = Giro.Cells(157, "E").Value
pcoje = Giro.Cells(158, "E").Value

Set Vacio = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_VACIO")

pnuc = Vacio.Cells(175, "E").Value

Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")

padi = corto.Cells(178, "E").Value

Set Nominal = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_NOMINAL")

pcrot = Nominal.Cells(172, "E").Value
pcest = Nominal.Cells(177, "E").Value
pesc = Nominal.Cells(173, "E").Value

ptot100 = pvent_giro + pcojs + pcoji + pcoje + pnuc + padi + pcrot + pcest + pesc + pexc100

ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K50").Value = pvent_giro
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K51").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K52").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K53").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K54").Value = pnuc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K55").Value = padi
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K56").Value = pcrot
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K57").Value = pcest
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K58").Value = pesc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K59").Value = pexc100
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("K60").Value = ptot100

'Calculamos la p rdidas Totales a diferentes valores de potencia nominal

Dim pcrot50 As Double
Dim pcrot60 As Double
Dim pcrot70 As Double
Dim pcrot80 As Double
Dim pcrot90 As Double
Dim pcest50 As Double
Dim pcest60 As Double
Dim pcest70 As Double
Dim pcest80 As Double
Dim pcest90 As Double
Dim padi50 As Double
Dim padi60 As Double
Dim padi70 As Double
Dim padi80 As Double
Dim padi90 As Double
Dim rrot75 As Double
Dim resta75 As Double
Dim restb75 As Double
Dim restc75 As Double
Dim resttot As Double
Dim iarmcorto As Double
Dim iesta50 As Double
Dim iesta60 As Double
Dim iesta70 As Double
Dim iesta80 As Double
Dim iesta90 As Double
Dim iestb50 As Double
Dim iestb60 As Double
Dim iestb70 As Double
Dim iestb80 As Double
Dim iestb90 As Double
Dim iestc50 As Double
Dim iestc60 As Double
Dim iestc70 As Double
Dim iestc80 As Double
Dim iestc90 As Double
Dim irot50 As Double
Dim irot60 As Double
Dim irot70 As Double

```



```

Dim irot80 As Double
Dim irot90 As Double
Dim iarm50 As Double
Dim iarm60 As Double
Dim iarm70 As Double
Dim iarm80 As Double
Dim iarm90 As Double
Dim ptot50 As Double
Dim ptot60 As Double
Dim ptot70 As Double
Dim ptot80 As Double
Dim ptot90 As Double

Set corto = ThisWorkbook.Worksheets("PRUEBA_CORTO")

' Acceder al valor del cuadro de texto en la hoja "PRUEBA_VACIO" usando .Value
rrot75 = Cdbl(corto.OLEObjects("txt_res_rot_75c").Object.Value)
resta75 = Cdbl(corto.OLEObjects("txt_res_est_75a").Object.Value)
restb75 = Cdbl(corto.OLEObjects("txt_res_est_75b").Object.Value)
restc75 = Cdbl(corto.OLEObjects("txt_res_est_75c").Object.Value)
iarmcorto = Cdbl(corto.OLEObjects("txtiarma").Object.Value)

'MsgBox " resistencia del ROTOR: " & rrot75
resttot = (resta75 + restb75 + restc75) / 3
'MsgBox " resistencia estator75: " & resttot
Set EXCITACION = ThisWorkbook.Worksheets("EXCITACION_GENERADOR")

iesta50 = EXCITACION.Cells(20, "F").Value
iesta60 = EXCITACION.Cells(20, "G").Value
iesta70 = EXCITACION.Cells(20, "H").Value
iesta80 = EXCITACION.Cells(20, "I").Value
iesta90 = EXCITACION.Cells(20, "J").Value

iestb50 = EXCITACION.Cells(21, "F").Value
iestb60 = EXCITACION.Cells(21, "G").Value
iestb70 = EXCITACION.Cells(21, "H").Value
iestb80 = EXCITACION.Cells(21, "I").Value
iestb90 = EXCITACION.Cells(21, "J").Value

iestc50 = EXCITACION.Cells(22, "F").Value
iestc60 = EXCITACION.Cells(22, "G").Value
iestc70 = EXCITACION.Cells(22, "H").Value
iestc80 = EXCITACION.Cells(22, "I").Value
iestc90 = EXCITACION.Cells(22, "J").Value

irot50 = EXCITACION.Cells(24, "F").Value
irot60 = EXCITACION.Cells(24, "G").Value
irot70 = EXCITACION.Cells(24, "H").Value
irot80 = EXCITACION.Cells(24, "I").Value
irot90 = EXCITACION.Cells(24, "J").Value
'MsgBox " corriente rot 50: " & irot50

iarm50 = (iesta50 + iestb50 + iestc50) / 3
iarm60 = (iesta60 + iestb60 + iestc60) / 3
iarm70 = (iesta70 + iestb70 + iestc70) / 3
iarm80 = (iesta80 + iestb80 + iestc80) / 3
iarm90 = (iesta90 + iestb90 + iestc90) / 3

pcest50 = (3 * ((iarmcorto * 0.5) * (iarmcorto * 0.5)) * resttot) / 1000
pcest60 = (3 * ((iarmcorto * 0.6) * (iarmcorto * 0.6)) * resttot) / 1000
pcest70 = (3 * ((iarmcorto * 0.7) * (iarmcorto * 0.7)) * resttot) / 1000
pcest80 = (3 * ((iarmcorto * 0.8) * (iarmcorto * 0.8)) * resttot) / 1000
pcest90 = (3 * ((iarmcorto * 0.9) * (iarmcorto * 0.9)) * resttot) / 1000

pcrot50 = (irot50 * irot50) * rrot75 / 1000
pcrot60 = (irot60 * irot60) * rrot75 / 1000
pcrot70 = (irot70 * irot70) * rrot75 / 1000
pcrot80 = (irot80 * irot80) * rrot75 / 1000
pcrot90 = (irot90 * irot90) * rrot75 / 1000
'MsgBox " p rdida cobre rot 50: " & pcrot90

padi50 = padi * (0.5 * 0.5)
padi60 = padi * (0.6 * 0.6)
padi70 = padi * (0.7 * 0.7)
padi80 = padi * (0.8 * 0.8)
padi90 = padi * (0.9 * 0.9)

ptot50 = pvent_giro + pcojs + pcoji + pcoje + pnuc + padi50 + pcrot50 + pcest50 + pesc + pexc50
ptot60 = pvent_giro + pcojs + pcoji + pcoje + pnuc + padi60 + pcrot60 + pcest60 + pesc + pexc60
ptot70 = pvent_giro + pcojs + pcoji + pcoje + pnuc + padi70 + pcrot70 + pcest70 + pesc + pexc70
ptot80 = pvent_giro + pcojs + pcoji + pcoje + pnuc + padi80 + pcrot80 + pcest80 + pesc + pexc80
ptot90 = pvent_giro + pcojs + pcoji + pcoje + pnuc + padi90 + pcrot90 + pcest90 + pesc + pexc90

```

```

ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F50").Value = pvent_giro
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F51").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F52").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F53").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F54").Value = pnuc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F55").Value = padi50
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F56").Value = pprot50
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F57").Value = pcest50
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F58").Value = pesc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F59").Value = pexc50
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("F60").Value = ptot50

ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G50").Value = pvent_giro
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G51").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G52").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G53").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G54").Value = pnuc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G55").Value = padi60
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G56").Value = pprot60
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G57").Value = pcest60
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G58").Value = pesc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G59").Value = pexc60
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("G60").Value = ptot60

ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H50").Value = pvent_giro
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H51").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H52").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H53").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H54").Value = pnuc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H55").Value = padi70
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H56").Value = pprot70
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H57").Value = pcest70
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H58").Value = pesc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H59").Value = pexc70
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("H60").Value = ptot70

ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I50").Value = pvent_giro
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I51").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I52").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I53").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I54").Value = pnuc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I55").Value = padi80
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I56").Value = pprot80
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I57").Value = pcest80
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I58").Value = pesc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I59").Value = pexc80
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I60").Value = ptot80

ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J50").Value = pvent_giro
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J51").Value = pcojs
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J52").Value = pcoji
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J53").Value = pcoje
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J54").Value = pnuc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J55").Value = padi90
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J56").Value = pprot90
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J57").Value = pcest90
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J58").Value = pesc
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J59").Value = pexc90
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("J60").Value = ptot90

```

'CALCULO DE EFICIENCIAS TOTALES Y PONDERADAS

```

Dim Pnom As Double
Dim Pnom50 As Double
Dim Pnom60 As Double
Dim Pnom70 As Double
Dim Pnom80 As Double
Dim Pnom90 As Double
Dim efi100 As Double
Dim efi90 As Double
Dim efi80 As Double
Dim efi70 As Double
Dim efi60 As Double
Dim efi50 As Double

If txt_pnom.Value = "" Then
    MsgBox "Ingrese Valor de POTENCIA NOMINAL"
Else
    'Convertir valor a tipo de datos num rico
    Pnom = Cdbl(txt_pnom.Value)
End If

```

```
Pnom50 = (Pnom * 50) / 100
Pnom60 = (Pnom * 60) / 100
Pnom70 = (Pnom * 70) / 100
Pnom80 = (Pnom * 80) / 100
Pnom90 = (Pnom * 90) / 100

'MsgBox " pnom90: " & Pnom90

efi100 = (1 - (ptot100 / ((Pnom * 1000) + ptot100))) * 100
efi90 = (1 - (ptot90 / ((Pnom90 * 1000) + ptot90))) * 100
efi80 = (1 - (ptot80 / ((Pnom80 * 1000) + ptot80))) * 100
efi70 = (1 - (ptot70 / ((Pnom70 * 1000) + ptot70))) * 100
efi60 = (1 - (ptot60 / ((Pnom60 * 1000) + ptot60))) * 100
efi50 = (1 - (ptot50 / ((Pnom50 * 1000) + ptot50))) * 100

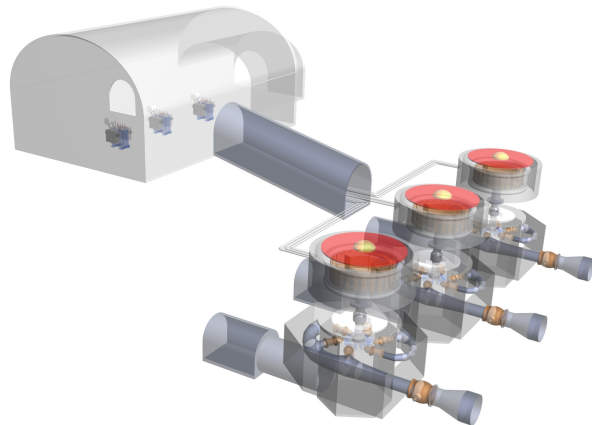
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I65").Value = efi100
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I66").Value = efi90
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I67").Value = efi80
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I68").Value = efi70
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I69").Value = efi60
ThisWorkbook.Sheets("EXCITACION_GENERADOR").Range("I70").Value = efi50

End Sub
```

Anexo G

Resultados en POWER BI

INFORME DE PRUEBA DE EFICIENCIA DEL GENERADOR



ELABORADO POR: ROBERTO GUERRERO

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE REFRIGERACIÓN Y VENTILACIÓN DURANTE LAS PRUEBAS

PRUEBA DE GIRO MECÁNICO

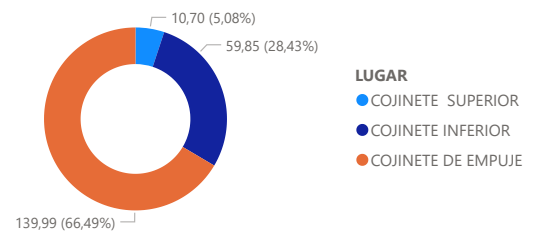
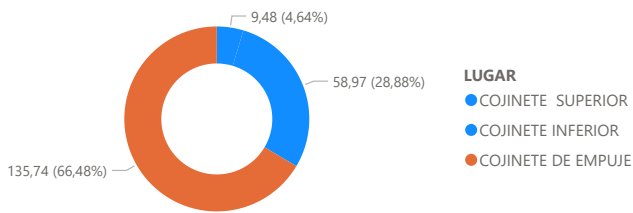
PRUEBA DE GIRO EN VACÍO

MEDIOS DE REFRIGERACIÓN

MEDIOS DE REFRIGERACIÓN

PÉRDIDAS KW por LUGAR

PÉRDIDAS KW por LUGAR

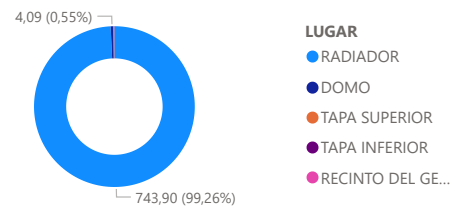
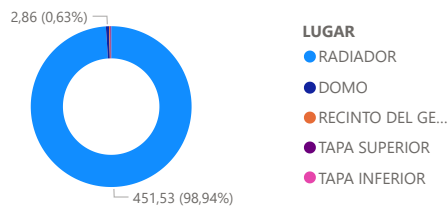


MEDIOS DE VENTILACIÓN

MEDIOS DE VENTILACIÓN

PÉRDIDAS KW por LUGAR

PÉRDIDAS KW por LUGAR

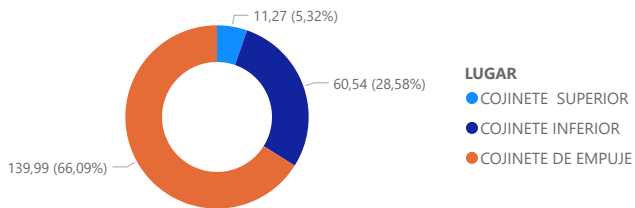


PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE REFRIGERACIÓN Y VENTILACIÓN DURANTE LAS PRUEBAS

PRUEBA DE CORTOCIRCUITO

MEDIOS DE REFRIGERACIÓN

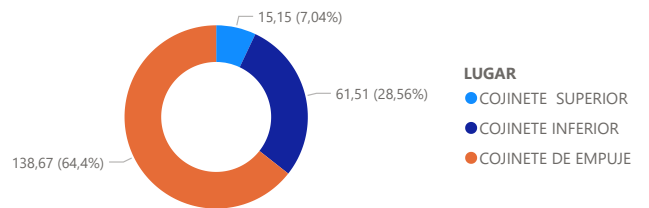
PÉRDIDAS KW por LUGAR



PRUEBA DE POTENCIA NOMINAL

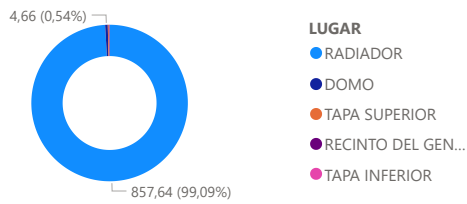
MEDIOS DE REFRIGERACIÓN

PÉRDIDAS KW por LUGAR



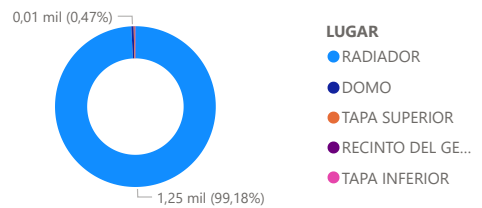
MEDIOS DE VENTILACIÓN

Máx. de PÉRDIDAS KW por LUGAR



MEDIOS DE VENTILACIÓN

Máx. de PÉRDIDAS KW por LUGAR

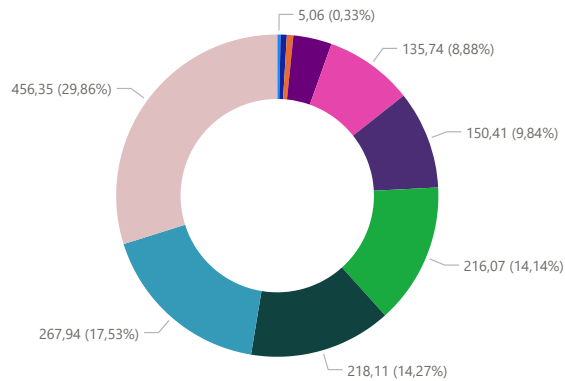


PÉRDIDAS EN LOS DIFERENTES COMPONENTES A POTENCIA NOMINAL

LUGAR, 100 % PN

- ✓ Pérdidas Adicionales
- ✓ Pérdidas de Ventilación
- ✓ Pérdidas del Cojinete de Empuje
- ✓ Pérdidas del Cojinete Guía Inferior
- ✓ Pérdidas del Cojinete Guía Superior
- ✓ Pérdidas del Núcleo del Estator
- ✓ Pérdidas en el cobre del Estator
- ✓ Pérdidas en el cobre del Rotor
- ✓ Pérdidas en la Excitación
- ✓ Pérdidas en las Escobillas

100 % PN por LUGAR



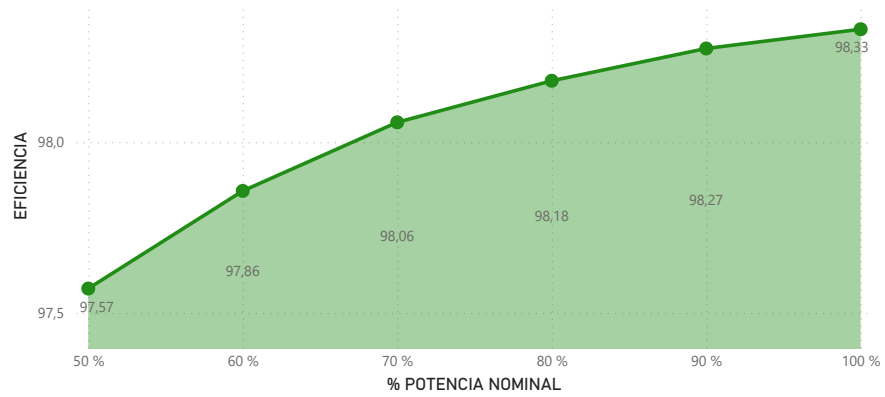
LUGAR

- Pérdidas en las Escobillas
- Pérdidas del Cojinete Guía Superior
- Pérdidas en la Excitación
- Pérdidas del Cojinete Guía Inferior
- Pérdidas del Cojinete de Empuje
- Pérdidas Adicionales
- Pérdidas en el cobre del Estator
- Pérdidas del Núcleo del Estator
- Pérdidas en el cobre del Rotor
- Pérdidas de Ventilación

LUGAR	100 % PN
Pérdidas Totales	1528,11

EFICIENCIA CALCULADA

EFICIENCIA por % POTENCIA NOMINAL



% POTENCIA NOMINAL	EFICIENCIA
50,00 %	97,57
60,00 %	97,86
70,00 %	98,06
80,00 %	98,18
90,00 %	98,27
100,00 %	98,33

TABLAS CON REGISTROS DE PÉRDIDAS DURANTE LAS PRUEBA DE GIRO MECÁNICO

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

LUGAR	Suma de PÉRDIDAS KW
COJINETE SUPERIOR	9,48
COJINETE DE EMPUJE	135,74
COJINETE INFERIOR	58,97
Total	204,19

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE VENTILACIÓN

LUGAR	Suma de PÉRDIDAS KW
DOMO	2,86
RADIADOR	451,53
RECINTO DEL GENERADOR	1,14
TAPA INFERIOR	0,22
TAPA SUPERIOR	0,60
Total	456,35

TABLAS CON REGISTROS DE PÉRDIDAS DURANTE LAS PRUEBA DE GIRO AL VACÍO

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

LUGAR	Suma de PÉRDIDAS KW
COJINETE SUPERIOR	10,70
COJINETE DE EMPUJE	139,99
COJINETE INFERIOR	59,85
Total	210,54

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE VENTILACIÓN

LUGAR	Suma de PÉRDIDAS KW
DOMO	4,09
RADIADOR	743,90
RECINTO DEL GENERADOR	0,16
TAPA INFERIOR	0,26
TAPA SUPERIOR	1,07
Total	749,49

TABLAS CON REGISTROS DE PÉRDIDAS DURANTE LAS PRUEBA DE CORTOCIRCUITO

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

LUGAR	Suma de PÉRDIDAS KW
COJINETE SUPERIOR	11,27
COJINETE DE EMPUJE	139,99
COJINETE INFERIOR	60,54
Total	211,81

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE VENTILACIÓN

LUGAR	Suma de PÉRDIDAS KW
DOMO	4,66
RADIADOR	857,64
RECINTO DEL GENERADOR	1,18
TAPA INFERIOR	0,33
TAPA SUPERIOR	1,72
Total	865,52

TABLAS CON REGISTROS DE PÉRDIDAS DURANTE LAS PRUEBA A POTENCIA NOMINAL

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

LUGAR	Suma de PÉRDIDAS KW
COJINETE SUPERIOR	15,15
COJINETE DE EMPUJE	138,67
COJINETE INFERIOR	61,51
Total	215,33

PÉRDIDAS EN LOS MEDIOS DE VENTILACIÓN

LUGAR	Suma de PÉRDIDAS KW
DOMO	5,97
RADIADOR	1249,10
RECINTO DEL GENERADOR	1,35
TAPA INFERIOR	0,44
TAPA SUPERIOR	2,51
Total	1259,36

TABLAS CON EL RESUMEN DE PÉRDIDAS A DIFERENTES POTENCIAS

LUGAR	100 % PN	90 % PN	80 % PN	70 % PN	60 % PN	50 % PN
Pérdidas en las Escobillas	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06
Pérdidas del Cojinete Guía Superior	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48
Pérdidas en la Excitación	9,98	8,70	7,92	6,81	6,54	5,87
Pérdidas del Cojinete Guía Inferior	58,97	58,97	58,97	58,97	58,97	58,97
Pérdidas del Cojinete de Empuje	135,74	135,74	135,74	135,74	135,74	135,74
Pérdidas Adicionales	150,41	121,83	96,26	73,70	54,15	37,60
Pérdidas en el cobre del Estator	216,07	172,33	136,16	104,25	76,59	53,19
Pérdidas del Núcleo del Estator	218,11	218,11	218,11	218,11	218,11	218,11
Pérdidas en el cobre del Rotor	267,94	235,99	210,99	179,25	161,48	139,70
Pérdidas de Ventilación	456,35	456,35	456,35	456,35	456,35	456,35
Pérdidas Totales	1528,11	1422,56	1335,05	1247,72	1182,47	1120,07

TABLAS CON REGISTROS DE PARÁMETROS DEL GENERADOR

PARÁMETROS	100% Pn	90% Pn	80% Pn	70% Pn	60% Pn	50% Pn
cos ϕ	0,91	0,90	0,89	0,90	0,89	0,90
UBC (V)	14,22	14,25	14,21	14,09	14,05	13,98
UAB (V)	14,25	14,28	14,24	14,11	14,06	13,98
UCA (V)	14,25	14,28	14,24	14,11	14,07	13,97
Q (MVAR)	42,39	39,46	36,27	30,16	27,10	22,29
f (Hz)	60,01	59,95	60,03	60,01	59,94	60,06
P (MW)	90,34	81,30	72,14	63,28	53,26	45,26
UFD (V)	225,83	216,59	201,51	187,38	172,66	166,80
IFD (V)	1198,80	1155,30	1092,40	1006,90	955,69	888,88
IB (A)	3932,40	3544,80	3165,40	2765,40	2347,70	1967,50
IC (A)	4056,20	3677,30	3293,30	2889,90	2477,40	2124,70
IA (A)	4072,20	3681,00	3308,60	2899,30	2494,30	2123,90

Anexo H

Informe de eficiencia CELEC EP

FW 12804-ED

CONSORCIO HidroJubones

- 5 MAR 2020

HORA

15:30

RECIBIDO POR Olga Jaya

版本 REVISIÓN	日期 FECHA	描述 DESCRIPCIÓN	设计 DISEÑADO	校核 VERIFICADO	审查 APROBADO
B	2019.10.18	根据业主监理审核意见改版 Revisado según los comentarios de revisión del propietario y el supervisor	富立新	李明宇	武中德
A	2019.07.16	首次发布 Primera edición	富立新	李明宇	武中德



CORPORACION ELECTRICA DEL ECUADOR -CELEC EP



UNIDAD DE NEGOCIO ENERJUBONES- CELEC EP



CONSORCIO HIDROJUBONES



哈尔滨电气国际工程有限公司
HARBIN ELECTRIC INTERNATIONAL COMPANY LIMITED



哈尔滨电机厂有限责任公司
HARBIN ELECTRIC MACHINERY COMPANY LIMITED

	CONSORCIO HidroJubones
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Aprob. C/Observaciones
<input type="checkbox"/>	No Aprobado
<input type="checkbox"/>	Para Conocimiento
15/03/2020	Fecha
	Firma

PROYECTO HIDROELÉCTRICO MINAS-SAN FRANCISCO

设计 DISEÑADO	富立新	厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机 损耗和效率试验报告 Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador
校核 VERIFICADO	李明宇	
审查 APROBADO	武中德	
日期 FECHA	2019.10.18	
PLANO DE REFERENCIA	MIN-LO-CO-EQM-ELE-I-F-0521-C	文件编号 NÚMERO DEL DOCUMENTO

RECIBIDO: Jorena Redovan
FECHA: 17-03-2020
HORA: 15:40
PROYECTO MINAS - SAN FRANCISCO



哈尔滨电机厂有限责任公司

HARBIN ELECTRIC MACHINERY COMPANY LIMITED

电机公司文件号 HEC No.	OEA.122.4175		电机公司版次 HEC REV.	C
项目（业主）文件号 Project No.			项目（业主）版次 Project REV.	
文件类型 Document Categories		文件状态 Status of Document	重大产品标识 Important Product Identifier	

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机 损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del

Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador



编制/日期 Prepared by/Date		校核/日期 Checked by/Date		审查/日期 Reviewed by/Date	 2019.6.4
会签/日期 Counter sign/Date		会签/日期 Counter sign/Date		质保/日期 QA/Date	
标准化/日期 Standardization/Date		审定/日期 Authorized by/Date	 2019.6.4	批准/日期 Approved by/Date	

修订记录

Revision record

版次 REV.	改版单号 MOD.ADVICENOTE No.	页码 PAGE&ITEM	改版内容 MODIFICATION CONTENT ABSTRACT	改版/校核 PREPARED BY & REVIEWED BY	日期 DATE
A		172	首次发布 Primera edició	富立新 Fu lixin	2019.6.3
B		232	根据业主监理审核意见 改版 Revisado según los comentarios de revisión del propietario y el supervisor	富立新 Fu lixin	2019.10.18

L

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

目录 Índice

1、发电机效率保证值 Los valores garantizados de eficiencia del generador	.....2
2、发电机设计数据 Datos del diseño de generador	.....2
3、计算公式 Ecuación de cálculo	.....2
4、试验方法 Método de prueba	.....11
5、试验数据记录 Registro de datos de prueba	.....17
6、各项损耗计算 Cálculo de cada pérdida	.....30
7、电压波形正弦性畸变率的测试 Medición de la distorsión armónica de tensión	.....48
8、电话谐波因数的测试 Medición del factor armónico de teléfono	.....50
附录 1 1#转子磁极整体试验报告 Anexo 1 Informe de la prueba general de los polos del rotor 1#	.....53
附录 2 1#机定子整体试验报告 Anexo 2 Informe de la prueba general de los polos del estator 1#	.....55
附录 3 试验数据 Anexo 3 Datos de la prueba	.....56
附录 4 测点位置图及传感器编号 Anexo 4 Mapa de posición del punto de medición y número de sensor	.....80
附录 5 仪表鉴定证书 Anexo 5 Certificado de calibración de instrumentos	.....86

1 发电机效率保证值

Los valores garantizados de eficiencia del generador

发电机在额定容量、额定电压、额定功率因数、额定频率的工况下运行，其效率应不小于 98.3%。Cuando el generador funciona con condición de capacidad nominal,

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

tensión nominal, frecuencia nominal y factor de potencia nominal, su eficiencia no debe ser inferior al 98.3%.

2 发电机设计数据 Parámetros de diseño del generador

型号 Modelo: SF90-20/5500

额定容量: Capacidad nominal 100MVA

额定功率 Potencia nominal: 90MW

额定电压 Tensión nominal: 13.8kV

额定电流 Corriente nominal: 4183.7A

额定功率因数 Factor de potencia nominal: 0.9

频率 Frecuencia: 60Hz

额定转速 Velocidad giratoria nominal: 360 r/min

飞逸转速 Velocidad de embalamiento: 648r/min

极数 Polo: 2P=20

额定转子电流 Corriente nominal de rotor: 1102.4A

额定转子电压 Tensión nominal de rotor: 229.2V

绝缘等级 Nivel de aislamiento: F/F (定子/转子 estator/rotor)

额定效率 Eficiencia nominal: $\eta_N \geq 98.3\%$

3 计算公式 Fórmula de cálculo

a) 用测量冷却介质流量与温升方法确定损耗

a) Determina la pérdida mediante la medición del flujo y aumento de temperatura del medio de enfriamiento

发电机各部分温升达到稳定后, 冷却介质带走的损耗为:

La pérdida llevada por el medio de enfriamiento después de que el aumento de temperatura de cada parte sea estable:

$$P_a = C_p Q \rho \Delta t \dots \dots \dots (3-1)$$

见 IEC60034-2-2 第 22 页 7.3.4.2 Ver 7.3.4.2 en la página 22 de IEC60034-2-2

式中:

En la ecuación:

P_a : 被冷却介质带走的损耗 kw

P_a : Pérdida llevada por el medio de enfriamiento kw

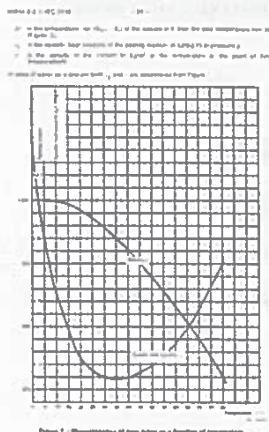
1

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: OEA.122.4175 / B

Cp: 冷却介质比热 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{k})$, 依照IEC60034-2-2第23页图7曲线取值 Toma el valor de acuerdo con la curva de la Figura 7 en la página 23 de IEC60034-2-2



Cp: El calor específico del medio de enfriamiento $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{k})$

Q: 冷却介质流量 m^3/s

Q: Flujo del medio de enfriamiento m^3/s

ρ : 冷却介质密度 kg/m^3 , 依照IEC60034-2-2第23页图7曲线取值 Toma el valor de acuerdo con la curva de la Figura 7 en la página 23 de IEC60034-2-2

ρ : Densidad del medio de enfriamiento kg/m^3

Δt : 冷却介质温升 k

Δt : Aumento de temperatura del medio de enfriamiento k

b) 发电机外表面与周围空气对流散热的损耗

b) La pérdida de enfriamiento por convección entre la superficie exterior del generador y el aire circundante

$$P_b = h A \Delta t \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3-2)$$

见IEC60034-2-2第24页7.3.4.3 Ver 7.3.4.3 en la página 24 de IEC60034-2-2

式中: P_b : 电机外表面散出的损耗 kw

En la ecuación: P_b : Pérdida desde la superficie exterior del generador kw

A: 散热面积 m^2

A: Área de enfriamiento m^2

Δt : 发电机外表面温度与外部环境温度之差值 k

Δt : Diferencia entre la temperatura de la superficie exterior del generador y la del ambiente externo k

h: 表面散热系数 $\text{w}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

h: Coeficiente de enfriamiento de calor de la superficie $w/(m^2 \cdot k)$

表面散热系数 h 的数值可用下式计算:

El valor del coeficiente de enfriamiento de calor de la superficie h se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$h=11+3v \dots\dots\dots (3-3)$$

见IEC60034-2-2第24页7.3.4.3 Ver 7.3.4.3 en la página 24 de IEC60034-2-2

式中: h: 表面散热系数 $w/(m^2 \cdot k)$

En la ecuación: h: Coeficiente de enfriamiento de calor de la superficie $w/(m^2 \cdot k)$

v: 环境空气流速 m/s

v: Velocidad de flujo del aire del medio ambiente m/s

c) 通风损耗 $P_{fr+vent}$

c) Pérdida de ventilacion $P_{fr+vent}$

通风损耗为空转工况下测得的由空冷器冷却水带走的损耗加上表面散出的损耗之和。

La pérdida de ventilacion se puede obtener mediante la perdida de agua de refrigeración del enfriador suma la perdida del superficie abajo de la condición de marcha vacia

$$P_{fr+vent} = P_{a (idle)} + P_{b (idle)} \dots\dots\dots (3-4)$$

见IEC60034-2-2第8、9页6.2 Ver 6.2 en las páginas 8 y 9 de IEC60034-2-2



式中:

En la ecuacion:

$P_{fr+vent}$: 通风损耗 kW

Perdida de ventilacion

$P_{a (idle)}$: 空转工况下测得的由空冷器冷却水带走的损耗 kW

La perdida de agua de refrigeracion del enfriador en la condicion de giro en vacío

$P_{b (idle)}$: 空转工况下测得的发电机外表面散出的损耗 kW

La perdida del superficie del generador en la condicion de giro en vacío

1

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

d) 铁心损耗 (铁耗) P_{FE}

d) Pérdida de núcleo (pérdida de hierro) P_{FE}

铁心损耗, 可由额定电压空载试验测得的损耗之和中减去额定转速空转试验测试的通风损耗而得, 见下列公式: 见IEC60034-2-2第8页6.2 Ver 6.2 en la página 8 de IEC60034-2-2

Pérdida de núcleo, se puede calcular por la suma de pérdida de tensión nominal de carga nula restar la pérdida de ventilación de la prueba de marcha en vacío o de velocidad giratoria nominal, ecuación:

$$P_{FE} = P_{OC} - P_{fr+vent} - P_{f(oc)} \dots\dots\dots (3-5)$$

见IEC60034-2-2第8页6.2 Ver 6.2 en la página 8 de IEC60034-2-2

式中:

En la ecuación:

P_{OC} —额定电压空载损耗, kW ;

P_{OC} —La pérdida de tensión nominal en carga nula, kW;

$P_{fr+vent}$ —通风损耗, kW;

$P_{fr+vent}$ — La pérdida de ventilación, kW;

$P_{f(oc)}$ —空载时励磁损耗, kW; $P_{f(oc)} = U_f \times I_f$, kW ;

$P_{f(oc)}$ — La pérdida de excitación de condición del giro sin carga;(铜耗)(pérdida de cobre)

e) 定子铜耗 P_{cu}

e) Pérdida de cobre del estator P_{cu}

$$P_{cu} = 3 \times R_a \times I_a^2 \dots\dots\dots (3-6)$$

见IEC60034-2-2第8页6.2 Ver 6.2 en la página 8 de IEC60034-2-2

其中, R_a : 定子绕组热态 (75℃) 时的相电阻值, (Ω),

I_a : 定子电流为测试损耗工况下的电流, (A)。

R_a : En el que la resistencia del estator es el valor de resistencia de fase con temperatura de 75 °C, (Ω)

I_a : el corriente del estator es el bajo la condición de funcionamiento para la prueba de pérdida.(A)

f) 杂散损耗 P_{si}

见IEC60034-2-1第20页 Ver la página 20 de IEC60034-2-1

f) Pérdida por adicionales P_{si}

定子铜耗和杂散损耗 $P_{cu} + P_{si}$, 可由额定短路电流试验测得的损耗之和中减去额定转速空转试验测得通风损耗而得, 见下列公式:

Pérdida de cobre de estator y Pérdida por adicionales $P_{cu} + P_{si}$, se puede calcular: la suma de pérdida de la

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

prueba de corriente nominal de cortocircuito restar la pérdida de ventilación de la prueba de marcha en vacío o de velocidad giratoria nominal.

$$P_{CL} + P_{SL} = P_{SC} - P_{fr+vent} - P_{f(SC)} \dots \dots \dots (3-7)$$

见IEC60034-2-2第8页6.2 Ver 6.2 en la página 8 de IEC60034-2-2

式中:

En la ecuación:

P_{SC} —额定短路电流试验测得的损耗, kW ;

P_{SC} —La pérdida de corriente nominal de cortocircuito, kW;

$P_{fr+vent}$ —通风损耗, kW ;

$P_{fr+vent}$ —La pérdida de ventilación, kW;

$P_{f(SC)} = U_f \times I_f$, kW ;

Perdida del cobre de rotor 转子铜耗

杂散损耗 P_{sl} , 按下式计算:

Se calcula la pérdida por adicional P_{sl} de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$P_{sl} = [P_{cu} + P_{sl}] - P_{cu} \dots \dots \dots (3-8)$$

其中, P_{cu} 按公式 (4-6) 计算, 定子电流为短路电流试验下的电流。定子电阻为短路电流试验的定子绕组温度下的电阻值。

Entre ello, el P_{cu} se calcula de acuerdo con la ecuación (4-6), el corriente de estator es el de prueba de corriente de cortecircuito. La resistencia del estator es el valor de resistencia bajo la temperatura de bobinas de estator en la prueba de corriente de cortecircuito.

g) 转子铜耗 P_{fcu}

g) Pérdida de cobre de rotor P_{fcu}

$$P_{fcu} = R_f \times I_f^2 \dots \dots \dots (3-9)$$

见IEC60034-2-2第9页6.2 Ver 6.2 en la página 9 de IEC60034-2-2

其中, 转子电阻为温度折算到 75℃ 的电阻值, 转子电流为测试效率工况下的励磁电流。

En el que la resistencia del rotor es el valor de resistencia cuando la temperatura se convierte a 75 °C, el corriente del rotor es el corriente de excitación bajo la condición de funcionamiento para la prueba de eficiencia.

h) 轴承损耗 P_6

见IEC60034-2-2第17页7.2.5.6 Ver 7.2.5.6 en la página 17 de IEC60034-2-2

h) Pérdida de los cojinete P_6

轴承损耗由测试轴承冷却介质的流量和温升, 由公式 $P_6 = C_p \times Q \times \rho \times \Delta t$ 计算得出。

1

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

La pérdida del cojinete se obtiene mediante la medición del flujo y el aumento de temperatura del medio de enfriamiento del cojinete, y se calcula por la ecuación $P_6 = C_p \cdot Q \cdot \rho \cdot \Delta t$.

发电机推力轴承的损耗，只计算发电机所承担的部分，即

$$P_6 = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + T} P_T \dots\dots\dots (3-10)$$

见 IEC60034-2-2 第 18 页 7.3.1 Ver 7.3.1 en la página 18 de IEC60034-2-2

The loss of the thrust bearing only for generator

i) 励磁系统损耗 P_7

见 IEC60034-2-2 第 25 页 Ver la página 25 de IEC60034-2-2

ii) Pérdida del sistema de excitación P_7

应计入发电机的辅助设备损耗（励磁变压器，整流元件等） ΔP_e 。这部分损耗可以通过设计值或实测值（按输入—输出之差）进行计算

Pérdida de equipos auxiliares ΔP_e (tales como transformador de excitación, elementos rectificadores, etc.) cual se debe incluirse en el generador. Este parte de pérdida se puede calcular mediante el valor de diseño y el valor real (según la la diferencia entre entrada y salida)

$$\Delta P_e = P_{e-in} - I_f \times U_f \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3-11)$$

En la ecuación:

ΔP_e : 发电机的辅助励磁设备损耗（励磁变压器，整流元件等），(kW)

ΔP_e : Perdida del equipo auxiliaries de la excitacion del genrador(transformador de excitacion, elemento de rectificación etc.), (kW)

P_{e-in} : 励磁变输入功率，(kW)

P_{e-in} : La potencia de entrada del transformador de excitacion, (kW)

I_f : 发电机转子励磁电流，(A)

I_f : El corriente de excitacion del estator del generador, (A)

U_f : 发电机转子励磁电压，(V)

U_f : El voltaje de excitacion del estator del generador, (V)

i) 集电环电损耗

ii) Pérdida eléctrica de anillo colector

集电环损耗包括集电环电刷电损耗和集电环机械摩擦损耗。其中集电环电刷电损耗由励磁电流与一固定电压降算出：

La pérdida eléctrica de anillo colector incluye la pérdida del cepillo de anillo colector y la por fricción mecánica de anillo colector. La pérdida del cepillo eléctrico en el anillo colector se puede

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

calcular por el corriente de excitación y una caída de presión eléctrica fija:

$$P_d = 2 \times I_f \times \Delta U \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3-12)$$

式中: I_f : 发电机转子励磁电流, A;

En la ecuación: I_f : corriente de excitación del rotor del generador, A;

ΔU : 电刷压降 $\Delta U = 1V$ 。

ΔU : caída de tensión de escobilla $\Delta U = 1V$ 。

k) 集电环机械摩擦损耗

La pérdida por fricción mecánica del anillo colector

集电环摩擦损耗按下式计算

Se calcula por la ecuación del siguiente:

$$P_{B_MECH} = v \times A \times \mu \times \rho \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3-13)$$

见 IEC60034-2-2 第9页 Ver la página 9 de IEC60034-2-2

式中:

En la ecuación:

P_{B_MECH} : 集电环摩擦损耗 kW

La pérdida por la fricción del anillo colector kW

μ : 摩擦系数 $\mu = 0.2$

coeficiente de fricción $\mu = 0.2$

ρ : $\rho = 1.8 \text{ N/cm}^2$;

A: 碳刷总的接触面积 cm^2
El área total de contacto de las escobillas cm^2

v: 集电环线速度 m/s

La velocidad de línea del anillo colector m/s

表3-1 集电环和电刷尺寸

Dibujo 3-1: dimension del cepillo y del anillo colector

集电环直径 (m) Diametro del anillo colector	1.29
单个电刷面积尺寸 (mm×mm) Dimension de la area de cada cepillo	25×32
总电刷个数 La cantidad total del cepillo	38
发电机转速 (r/min) Velocidad del giro del generador	360
电刷总面积 (cm ²) El área total de contacto de las escobillas	304

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

集电环的线速度 (m/s)	24.3159267
La velocidad de línea del anillo colector	

$V=2\pi n r$ m/s

l) 定子和转子铜绕组的电阻值温度换算

la conversión del valor de la temperatura de Resistencia de bobinas de cobre dentro del estator y el rotor.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{235+t_2}{235+t_1} \dots\dots\dots (3-14)$$

见IEC60034-2-1第18页 Ver la página 18 de IEC60034-2-1

式中:

En la ecuación:

R_2 —在 t_2 温度时的绕组电阻值, (Ω);

El valor de la Resistencia de bobinas cobre en la temperatura t_2 , (Ω)

R_1 —在 t_1 温度时的绕组电阻值, (Ω);

El valor de la Resistencia de bobinas cobre en la temperatura t_1 , (Ω)

t_1 — t_1 温度, ($^{\circ}\text{C}$);

t_1 temperatura, ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 — t_2 温度, ($^{\circ}\text{C}$).

T_2 temperatura, ($^{\circ}\text{C}$)

m) 铁芯损耗的修正

Ajuste de la pérdida de núcleo

如果空载试验时的定子电压不是额定电压, 铁芯损耗需要按下式修正: 见IEC60034-2-2第8页6.2 Ver

6.2 en la página 8 de IEC60034-2-2

Cuando se va a hacer la prueba sin carga, el voltaje del estator no es un valor nominal, hay que ajustar la pérdida de núcleo según esa ecuación:

$$P_{FE_N} = \left(\frac{U_N}{U_0}\right)^2 P_{FE} \dots\dots\dots (3-15)$$

式中:

En la ecuación:

P_{FE_N} —额定电压下的铁芯损耗, (kW);

La pérdida de núcleo bajo el voltaje nominal, (kW)

U_0 —空载试验时的定子电压, (V);

El voltaje del estator en la prueba sin carga

U_N —额定电压, (V).

Voltaje nominal

n) 不同电流下的铜损耗和杂散损耗的计算 见IEC60034-2-2第8页6.2 Ver 6.2 en la página 8 de

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

IEC60034-2-2

Calculo de la perdida de cobre y adicional en los diferentes corrientes

不同电流下的铜损耗和杂散损耗按下式计算:

El Calculo de la perdida de cobre de estator, rotor y del sistema de excitacion y adicional en los diferentes corrientes, segun esa ecuacion:

$$P_{cu2} = \frac{(I_2)^2}{(I_1)^2} P_{cu1} \dots\dots\dots (3-16)$$

式中:

En la ecuacion:

P_{cu1} —在 I_1 电流时的损耗, (kW);

La perdida del corriente I1

P_{cu2} —在 I_2 电流时的损耗, (kW);

La perdida del corriente I2

I_1 — I_1 电流, (A);

Corriente I1

I_2 — I_2 电流, (A).

Corriente I2

o) 发电机效率

见IEC60034-2-2第9页 Ver la página 9 de IEC60034-2-2

Eficiencia promedio ponderada del generador

发电机效率按下式计算:

La eficiencia promedio ponderada del generador se calcula segun esa ecuacion:

$$\eta = \left(1 - \frac{\sum P}{P_o + \sum P} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3-17)$$

式中:

En la ecuacion:

$\sum P$ —发电机的总损耗, kW;

La perdida total de generador

P_o —发电机的输出功率, kW。

La potencia de salida del generador

1

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: OEA.122.4175 / B

4 试验方法 Método de prueba

4.1 试验依据 Referencia de prueba

按 IEC60034-2A 《旋转电机试验效率和损耗的测定方法》进行测量。

Se realiza la medición según *Método de medición de pérdida y eficiencia en la prueba de motor giratorio* de IEC60034-2A.

4.2 试验方案 Plan de prueba

试验方案见 HEI-05-HECMS1-0201FW9207-EQ / R-DTP-2017-CHJ-EQ-1328 Generator losses and efficiency test procedure for MINAS Project.

Más detalles se ven en el oficio HEI-05-HECMS1-0201FW9207-EQ / R-DTP-2017-CHJ-EQ-1328 Generator losses and efficiency test procedure for MINAS Project.

4.3 试验准备 Preparación de prueba

在空气冷却器、上导轴承冷却器、推力轴承冷却器以及下导轴承冷却器总进、出水管上安装温度测温元件（PT 100 型热电阻 RTD），以达到试验要求；

Instalar instrumentos de medición de temperatura RTD (Detector de Temperatura Resistivo) tipo PT 100 en la tubería principal de cada entrada y salida del enfriador del cojinete de guía inferior, el enfriador de aire, enfriador de cojinete de guía superior, enfriador del cojinete de empuje, y con finalidad de cumplir los requisitos de prueba.

在空气冷却器、上导轴承冷却器、推力轴承冷却器以及下导轴承冷却器出水管上安装电磁流量计，以达到试验要求（安装要求参考流量计厂家要求）；

Instalar unos caudalímetros electromagnéticos en la tubería principal de cada salida del enfriador del cojinete de guía inferior, el enfriador de aire, enfriador de cojinete de guía superior, enfriador del cojinete de empuje, con finalidad de cumplir los requisitos de prueba.

在上导轴承外循环油管路、推力轴承外循环油管路以及下导轴承外循环油管路外包隔热材料；

En el tubo de circulación de aceite del cojinete empuje y del cojinete superior e inferior se va a poner el material adiabático.

(4) 分别在上盖板、下盖板、集电环罩、水泥围墙等部位埋设温度测温元件（PT 100 型热电阻 RTD）；
Instalar RTD tipo PT 100 en la tapa superior e inferior, la cubierta de anillo rozantes y la pared de cemento etc.

(5) 将 RTD 测温元件接入温度巡检仪；

Conectar los elementos de medir temperatura RTD al dispositivo de registro de temperatura.

(6) 将发电机定子三相电压、定子三相电流、转子励磁电压和转子励磁电流接入电量分析测量仪；



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

Conectar la corriente y la tensión de excitación del rotor , la corriente trifásica y la tensión trifásica de estator de generador al dispositivo de medición y análisis de electricidad.

(7) 空载试验和三相稳态短路试验使用它励电源。

En la prueba sin carga y la prueba de cortocircuito triestable se utiliza la energía de excitación separada.

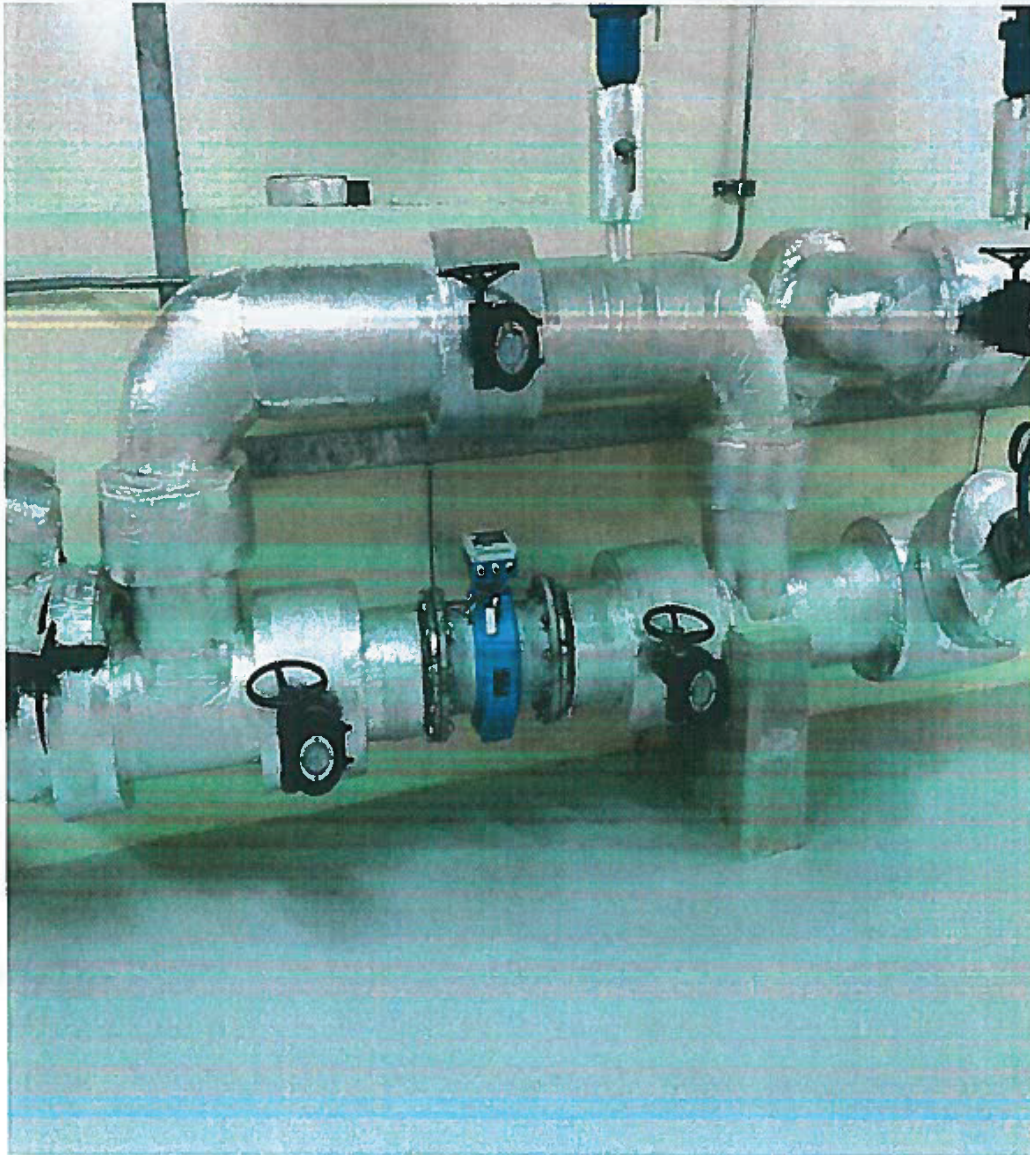


图 4-1 空冷器冷却水测量管路

Figura4-1 tubería de medición de enfriamiento de agua de radiador



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B



图 4-2 上导冷却水测量管路及外循环油管路外包隔热材料

Figura 4-2 tubería de medición de enfriamiento de agua de cojinete superior y tubería de aceite de circulación exterior



哈尔滨电机厂有限责任公司
HARBIN ELECTRIC MACHINERY COMPANY LIMITED

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B



图 4-3 推力冷却水测量管路及外循环油管路外包隔热材料

Figura4-3 tubería de medición de enfriamiento de agua de cojinete de empuje y tubería de aceite de circulación exterior

2



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B



图 4-4 下导轴承冷却水测量管路及外循环油管路外包隔热材料

Figura 4-4 tubería de medición de enfriamiento de agua de cojinete inferior y tubería de aceite de circulación exterior



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B



图 4-5 温度测量仪器

Gráfico 4-5 Dispositivo de medición de temperatura

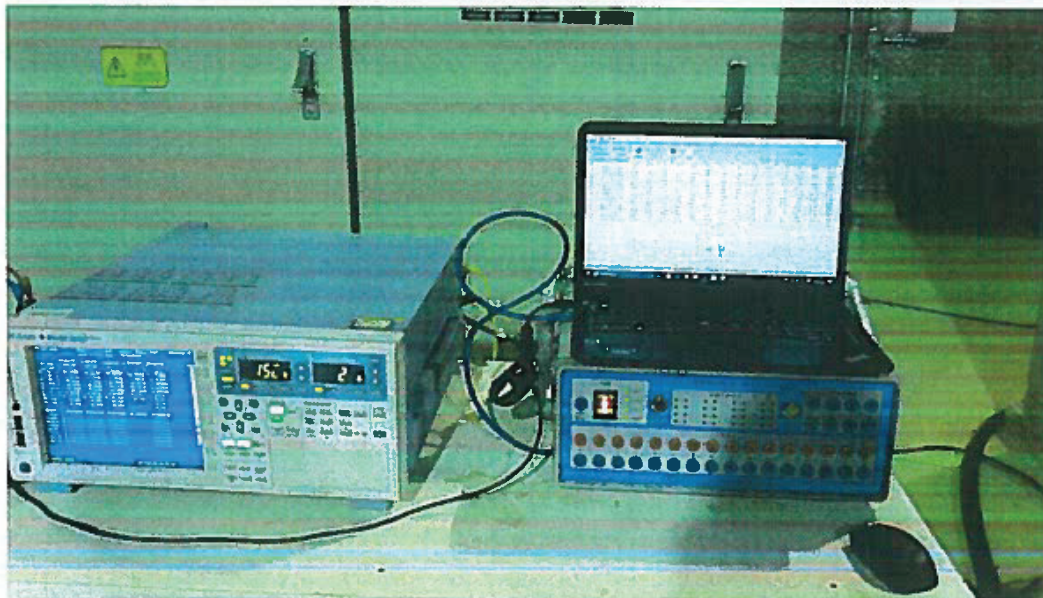


图 4-6 电气量测量仪器

Gráfico 4-6 Dispositivo de medición de electricidad

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

4.4 试验工况 Condición de prueba

- 1) 空转, 额定转速; marcha en vacío, velocidad nominal
- 2) 空载, 额定电压, 它励: Sin carga, tensión nominal, alimentación externa
- 3) 短路, 额定电流, 它励: Corto circuito, tensión nominal, alimentación externa
- 4) 额定负载; Carga nominal
- 5) 励磁电流试验; Prueba de corriente de excitación
- 6) 励磁系统损耗测试。Prueba de medición de pérdida de sistema de excitación

4.5 试验所需仪器 Dispositivo necesario para la prueba

表4-1 试验设备

Tabla 4-1 Dispositivo de prueba

No.	名称 nombre	型号 modelo	测量范围 Alcance de medir	精度 presición	数量 cantidad
1	电量分析记录仪 Registrador de analizar de electricidad	TK2016	3* (0.01~20) A 3* (15~600) V	0.5%	1
2	测温传感器 Sensor de medir temperatura RTD	PT100	0~100°C	A	8
3	电磁流量计Caudal í metro electromagnético	KROHNE	0~1000m ³ /h	0.3	4
4	测温传感器 Sensor de medir temperatura RTD	PT100	0~100°C	A	24
5	数字巡检仪 Registrador digital de temperatura	安捷伦34972A 34972A de An Jielun	0~200°C	0.02	1

5 试验数据记录

Registro de datos de prueba

效率试验的数据记录, 见表 5-1~表 5-15。详细试验数据见附录 3。

Los registros de la prueba de eficiencia puede ver en la tabla 5-1 hasta 5-15. Los datos detallados puede

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

ver en el anexo 3.

表 5-1 外表面面积

Tabla 5-1 Área de superficie externa

No.	发电机部件 Piezas de generador	面积 Superficie (m ²)
1	集电环罩表面 superficie de cubierta de los anillos deslizantes	54
2	上盖板 tapa superior	50
3	下盖板 tapa inferior	10
4	风洞水泥围墙 Pared de cemento	130

表 5-2 效率试验发电机电气量测量数据 (见 60-61 页数据)

Tabla 5-2 Los datos de medición eléctrica de la prueba de eficiencia (Ver páginas 60-61)

工况 condi ción	time	P (MW)	Q (MVar)	cos φ	Uab (kV)	Ubc (kV)	Uca (kV)	Ia (kA)	Ib (kA)	Ic (kA)	F (Hz)	U _r (V)	I _r (A)
空载 Sin carga	2019/5/ 11 14:01	--	--	--	13.83 3	13.72 9	13.80 3	--	--	--	59.99 5	109.8 5	664. 78
	2019/5/ 11 14:31	--	--	--	13.79 1	13.73 3	13.84 1	--	--	--	59.99 5	109.7 6	663. 61
	2019/5/ 11 15:01	--	--	--	13.81 6	13.72	13.82 8	--	--	--	59.99 8	109.6 3	650. 28
	2019/5/ 11 15:33	--	--	--	13.82 8	13.73 2	13.80 7	--	--	--	59.99 4	109.9 2	635. 4
	2019/5/ 12 14:30	--	--	--	--	--	--	4186. 1	4158. 1	4175. 8	--	88.15 5	536. 59
	2019/5/ 12 15:00	--	--	--	--	--	--	4185. 1	4162. 7	4175. 9	--	87.91 2	537. 19
	2019/5/ 12 15:30	--	--	--	--	--	--	4184. 4	4158. 9	4170. 6	--	88.24 2	536. 74
	2019/5/ 12 16:00	--	--	--	--	--	--	4183. 5	4150. 7	4169	--	87.99 5	535. 98
100% P _N	2019/5/ 14 13:58	90.18	41.896	0.906 9	14.22 8	14.20 2	14.23 9	4090. 3	3952. 7	4066. 3	60.06 7	225.4 3	1207 .3
	2019/5/ 14 14:28	90.03 7	41.428	0.908 4	14.27 1	14.24 3	14.27 3	4061. 9	3923. 5	4051	60.03 1	225.4 8	1198 .4
	2019/5/ 14 14:58	90.13 6	41.26	0.909 2	14.26 3	14.24 4	14.27 2	4068. 7	3922. 6	4049. 4	60 60	226.0 5	1198 .3
	2019/5/ 14 15:37	90.27	41.374	0.909	14.26 9	14.25 5	14.26 5	4075. 1	3917. 8	4066. 2	60.02 4	225.0 6	1199



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

表 5-3 上导轴承、推力轴承、下导轴承和空冷器水流量测量 (见56页数据)

Tabla 5-3 Caudal del cojinete superior e inferior ,cojinetede empuje y enfriador de aire (Ver páginas 56)

试验工况 Condición de prueba	time	上导 (m ³ /h) Guía superior	下导 (m ³ /h) Guía inferior	推力 (m ³ /h) Empuje	空冷器 (m ³ /h) Enfriador de aire
空转 giro en vacío	2019/5/10 14:05	11.52	31.77	46.97	139.85
	2019/5/10 14:44	10.87	29.82	44.36	131.22
	2019/5/10 15:12	10.98	30.49	44.17	134.39
	2019/5/10 15:46	10.92	30.00	44.72	132.98
空载 Sin carga	2019/5/11 14:02	11.32	31.52	42.33	157.22
	2019/5/11 14:35	11.40	31.50	42.30	157.89
	2019/5/11 15:02	11.38	31.38	42.25	157.51
	2019/5/11 15:30	11.39	31.14	42.39	157.53
短路 corto circuito	2019/5/12 14:35	11.21	31.28	43.30	160.58
	2019/5/12 15:00	11.03	30.87	42.70	157.94
	2019/5/12 15:30	10.97	30.53	42.53	157.18
	2019/5/12 16:00	10.99	30.79	42.41	157.16
100%P _N	2019/5/14 14:00	11.18	31.38	43.54	156.82
	2019/5/14 14:30	11.22	31.52	43.55	159.27
	2019/5/14 15:00	10.88	30.70	42.52	154.98
	2019/5/14 15:30	10.95	30.68	42.56	157.13

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

表 5-4 上导轴承、推力轴承、下导轴承和空冷器冷却水温度测量 (见 64-79 页数据)

Tabla 5-4 Medición de temperatura de agua de enfriamiento del cojinete superior e inferior ,cojinete de empuje y enfriador de aire (Ver páginas64-79)

试验工况 Condición de prueba	time	上导(°C) Guía superior		下导(°C) Guía inferior		推力(°C) Empuje		空冷器(°C) Enfriador de aire	
		进水 Entrada de agua	出水 Salida de agua	进水 Entrada de agua	出水 Salida de agua	进水 Entrada de agua	出水 Salida de agua	进水 Entrada de agua	出水 Salida de agua
		空转 giro en vacío	2019/5/10 14:05	22.30	22.99	22.26	23.88	22.23	24.76	22.29	25.11
	2019/5/10 14:44	22.41	23.16	22.37	24.07	22.35	24.98	22.39	25.33
	2019/5/10 15:12	22.37	23.14	22.36	24.02	22.31	24.94	22.38	25.28
	2019/5/10 15:46	22.17	22.94	22.15	23.86	22.12	24.78	22.18	25.13
空载 Sin carga	2019/5/11 14:02	21.57	22.38	21.57	23.22	21.52	24.38	21.58	25.67
	2019/5/11 14:35	21.52	22.32	21.51	23.15	21.46	24.31	21.53	25.59
	2019/5/11 15:02	21.41	22.24	21.42	23.06	21.35	24.22	21.43	25.52
	2019/5/11 15:30	21.33	22.15	21.32	23.00	21.28	24.15	21.34	25.42
短路 corto circuito	2019/5/12 14:35	20.72	21.58	20.75	22.42	20.68	23.45	20.75	25.36
	2019/5/12 15:00	20.73	21.63	20.78	22.47	20.68	23.53	20.77	25.46
	2019/5/12 15:30	20.77	21.65	20.79	22.51	20.72	23.57	20.79	25.51
	2019/5/12 16:00	20.84	21.72	20.84	22.56	20.78	23.62	20.84	25.52
100%P _N	2019/5/14 14:00	21.48	22.64	21.51	23.17	21.44	24.21	21.50	28.37
	2019/5/14 14:30	21.57	22.73	21.59	23.25	21.53	24.26	21.59	28.35
	2019/5/14 15:00	21.66	22.88	21.70	23.49	21.63	24.45	21.70	28.69
	2019/5/14 15:30	21.74	22.93	21.73	23.43	21.70	24.49	21.75	28.67

9

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

表 5-5 空转工况外壳温度 (°C) (见 64-67 页数据)

Tabla 5-5 medición de temperatura del cubierto de giro en vacío (Ver páginas 64-67)

time	测点 Punto de medición	集电环 顶罩 Cubierta superior de anillo deslizante	集电环 顶罩环境 Entorno de Cubierta superior de anillo deslizante	上盖板 Tapa superior	上盖板环境 Entorno de tapa superior	风洞外墙 Pared de cemento	风洞外墙 环境温度 Temperatura de entorno de pared de cemento	下盖板 Tapa inferior	下盖板 环境 Entorno de tapa inferior
201 9/5/ 10 14:0 5	温度 1 Temperatura	33.98	29.83	30.75	29.83	30.44	29.42	30.99	29.07
	温度 2 Temperatura	34.20	29.57	30.71	29.57	30.20	29.40	30.82	29.02
	温度 3 Temperatura	34.34	29.73	30.47	29.73	31.64	31.43	---	---
	温度 4 Temperatura	33.76	29.70	30.57	29.70	30.89	29.81	---	---
201 9/5/ 10 14:4 4	温度 1 Temperatura	34.16	29.78	30.90	29.78	30.44	29.44	31.06	29.11
	温度 2 Temperatura	34.35	29.66	30.86	29.66	30.20	29.45	30.85	29.08
	温度 3 Temperatura	34.49	29.81	30.58	29.81	31.66	31.49	---	---
	温度 4 Temperatura	33.86	29.79	30.66	29.79	30.88	29.89	---	---
201 9/5/ 10 15:1 2	温度 1 Temperatura	34.42	29.42	30.94	29.42	30.43	29.39	31.08	29.12
	温度 2 Temperatura	34.54	29.57	30.94	29.57	30.20	29.40	30.88	29.07

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

201 9/5/ 10 15:4 6	atura								
	温度 3 Temperatura	34.66	29.72	30.63	29.72	31.67	31.44	---	---
	温度 4 Temperatura	34.08	29.68	30.68	29.68	30.88	29.89	---	---
	温度 1 Temperatura	34.96	29.42	31.02	29.42	30.42	29.42	31.10	29.14
201 9/5/ 10 15:4 6	温度 2 Temperatura	34.99	29.67	31.00	29.67	30.18	29.42	30.90	29.10
	温度 3 Temperatura	35.17	29.74	30.70	29.74	31.67	31.41	---	---
	温度 4 Temperatura	34.59	29.69	30.72	29.69	30.86	29.86	---	---
	温度 1 Temperatura	34.96	29.42	31.02	29.42	30.42	29.42	31.10	29.14

表 5-6 空载工况外壳温度 (°C) (见 76-79 页数据)

Tabla 5-6 medición de temperatura del cubierto de carga nula (Ver páginas 76-79)

time	测点 Punto de medición	集电环 顶罩 Cubierta superior de anillo deslizando	集电环 顶罩环境 Entorno de Cubierta superior de anillo deslizando	上盖板 Tapa superior	上盖板环境 Entorno de tapa superior	风洞外墙 Pared de cemento	风洞外墙 环境温度 Temperatura de entorno de pared de cemento	下盖板 Tapa inferior	下盖板 环境 Entorno de tapa inferior
201 9/5/ 11 14:0 2	温度 1 Temperatura	36.21	29.93	31.73	29.93	30.20	30.07	31.65	29.33
	温度 2 Temperatura	36.74	30.20	32.15	30.20	29.92	29.75	31.39	29.22
	温度 3 Temperatura	36.44	29.88	31.38	29.88	31.30	31.53	---	---
	温度 4 Temperatura	35.87	29.81	31.71	29.81	30.49	30.10	---	---

1



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

	Temperatura								
201 9/5/ 11 14:3 5	温度 1 Temperatura	36.66	30.16	32.17	30.16	30.18	30.03	31.71	29.37
	温度 2 Temperatura	37.17	30.24	32.63	30.24	29.98	29.88	31.43	29.24
	温度 3 Temperatura	36.38	30.12	31.22	30.12	31.12	31.41	---	---
	温度 4 Temperatura	35.98	29.96	31.55	29.96	30.82	30.34	---	---
201 9/5/ 11 15:0 2	温度 1 Temperatura	36.61	29.82	31.96	29.82	30.24	30.13	31.74	29.37
	温度 2 Temperatura	37.11	30.13	32.36	30.13	29.93	29.82	31.46	29.27
	温度 3 Temperatura	36.85	30.01	31.57	30.01	31.33	31.59	---	---
	温度 4 Temperatura	36.26	29.95	31.91	29.95	30.52	30.14	---	---
201 9/5/ 11 15:3 0	温度 1 Temperatura	36.69	29.79	32.04	29.79	30.27	30.09	31.75	29.36
	温度 2 Temperatura	37.22	30.15	32.45	30.15	29.95	29.78	31.47	29.29
	温度 3 Temperatura	36.93	30.03	31.64	30.03	31.37	31.60	---	---
	温度 4 Temperatura	36.48	30.00	31.99	30.00	30.52	30.06	---	---

表 5-7 短路工况外壳温度 (°C) (见 68-71 页数据)

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

Tabla 5-7 Medición de temperatura del cubierto de cortocircuito (Ver páginas68-71)

time	测点 Punto de medición	集电环 顶罩 Cubierta superior de anillo deslizante	集电环 顶罩环境 Entorno de Cubierta superior de anillo deslizante	上盖板 Tapa superior	上盖板环境 Entorno de tapa superior	风洞外端 Pared de cemento	风洞外端 环境温度 Temperatur a de entorno de pared de cemento	下盖板 Tapa inferior	下盖板 环境 Entorno de tapa inferior
201 9/5/ 12 14:3 5	温度 1 Temper atura	36.40	28.71	32.30	28.71	30.27	29.71	31.88	28.86
	温度 2 Temper atura	36.41	28.71	32.39	28.71	29.50	28.73	31.50	28.83
	温度 3 Temper atura	36.93	29.19	31.72	29.19	31.00	30.47	---	---
	温度 4 Temper atura	36.40	30.11	32.02	30.11	30.20	28.83	---	---
201 9/5/ 12 15:0 0	温度 1 Temper atura	36.49	28.59	32.33	28.59	30.27	29.62	31.87	28.84
	温度 2 Temper atura	36.43	28.64	32.45	28.64	29.51	28.61	31.50	28.79
	温度 3 Temper atura	37.04	29.21	31.73	29.21	31.00	30.38	---	---
	温度 4 Temper atura	36.50	29.94	32.06	29.94	30.18	28.74	----	----
201 9/5/ 12 15:3 0	温度 1 Temper atura	36.66	29.10	32.49	29.10	30.33	29.98	31.94	29.00
	温度 2 Temper atura	36.60	29.13	32.56	29.13	29.57	28.96	31.55	28.89
	温度 3	37.16	29.23	31.87	29.23	31.03	30.55	---	----

1



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

	Temperatura								
	温度 4 Temperatura	36.58	30.14	32.16	30.14	30.21	29.06	---	---
201 9/5/ 12 16:0 0	温度 1 Temperatura	36.84	29.33	32.69	29.33	30.37	30.12	32.05	29.08
	温度 2 Temperatura	36.78	29.32	32.74	29.32	29.60	29.11	31.67	28.96
	温度 3 Temperatura	37.31	29.42	32.05	29.42	31.08	30.67	---	---
	温度 4 Temperatura	36.72	30.30	32.33	30.30	30.26	29.23	---	---

表 5-8 100%P_N工况外壳温度 (°C) (见 72-75 页数据)

Tabla 5-8 Medición de temperatura del cubierto de condición 100% P_N (Ver páginas 72-75)

time	测点 Punto de medición	集电环 顶罩 Cubierta superior de anillo deslizando	集电环 顶罩环境 Entorno de Cubierta superior de anillo deslizando	上盖板 Tapa superior	上盖板环 境 Entorno de tapa superior	风洞外墙 Pared de cemento	风洞外墙 环境温度 Temperatura de entorno de pared de cemento	下盖板 Tapa inferior	下盖板 环境 Entorno de tapa inferior
201 9/5/ 14 14:0 0	温度 1 Temperatura	38.76	29.50	33.66	29.50	31.16	30.31	33.00	29.03
	温度 2 Temperatura	38.82	29.52	33.46	29.52	30.09	29.41	32.39	28.96
	温度 3 Temperatura	39.70	29.64	33.30	29.64	31.83	31.18	---	---
	温度 4 Temperatura	38.84	30.30	35.08	30.30	30.89	29.44	---	---

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

201 9/5/ 14 14:3 0	温度 1 Temperatura	39.05	29.55	33.89	29.55	31.17	30.34	33.14		29.07
	温度 2 Temperatura	39.07	29.57	33.68	29.57	30.13	29.49	32.50		28.96
	温度 3 Temperatura	39.97	29.70	33.55	29.70	31.86	31.27	---		---
	温度 4 Temperatura	39.13	30.26	35.31	30.26	30.89	29.51	---		---
201 9/5/ 14 15:0 0	温度 1 Temperatura	39.23	29.52	34.07	29.52	31.21	30.35	33.23		29.06
	温度 2 Temperatura	39.25	29.56	33.89	29.56	30.15	29.43	32.50		29.02
	温度 3 Temperatura	40.15	29.70	33.75	29.70	31.87	31.22	---		---
	温度 4 Temperatura	39.34	30.59	35.53	30.59	30.93	29.48	---		---
201 9/5/ 14 15:3 0	温度 1 Temperatura	39.42	29.73	34.30	29.73	31.24	30.43	33.33		29.21
	温度 2 Temperatura	39.43	29.77	34.11	29.77	30.18	29.64	32.62		29.10
	温度 3 Temperatura	40.36	29.92	33.98	29.92	31.94	31.42	---		---
	温度 4 Temperatura	39.48	30.37	35.72	30.37	30.93	29.73	---		---

表 5-9 空转工况空气湿度和表面风速（见 57 页数据）

Tabla 5-9 Velocidad del viento del superficie y la humedad del aire de giro en vacío (Ver páginas 57)



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

时间 Tiempo	上盖板风速(m/s)			下盖板风速(m/s)			水泥围墙风速(m/s)		
	Velocidad de viento de la tapa superior			Velocidad de viento de la tapa inferior			Velocidad de viento del cercamiento de cemento		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2019/5/10 15:46	0.26	0.25	0.14	0.15	0.19	0.18	0.16	0.31	0.09
RH%	91								

表 5-10 空载工况空气湿度和表面风速 (见 57 页数据)

Tabla 5-10 Velocidad del viento de superficie y la humedad del aire de carga nula (Ver páginas57)

时间 Tiempo	上盖板风速(m/s)			下盖板风速(m/s)			水泥围墙风速(m/s)		
	Velocidad de viento de la tapa superior			Velocidad de viento de la tapa inferior			Velocidad de viento del cercamiento de cemento		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2019/5/11 15:30	0.21	0.15	0.18	0.23	0.28	0.26	0.17	0.13	0.14
RH%	87								

表 5-11 短路工况空气湿度和表面风速 (见 58 页数据)

Tabla 5-11 Velocidad del viento de superficie y la humedad del aire de cortocircuito (Ver páginas58)

时间 Tiempo	上盖板风速(m/s)			下盖板风速(m/s)			水泥围墙风速(m/s)		
	Velocidad de viento de la tapa superior			Velocidad de viento de la tapa inferior			Velocidad de viento del cercamiento de cemento		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2019/5/12 16:00	0.24	0.15	0.33	0.44	0.28	0.25	0.13	0.17	0.17
RH%	86.5								

表 5-12 100%P_N 工况空气湿度和表面风速 (见 58 页数据)

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

Tabla 5-12 Velocidad del viento de superficie y la humedad del aire de 100%P_N (Ver páginas58)

时间 Tiempo	上盖板风速(m/s) Velocidad de viento de la tapa superior			下盖板风速(m/s) Velocidad de viento de la tapa inferior			水泥围墙风速(m/s) Velocidad de viento del cercamiento de cemento		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	2019/5/14 15:30	0.35	0.36	0.23	0.21	0.22	0.25	0.22	0.20	0.18
RH%	75.5								

表 5-13 计算机监控定子线圈温度(°C) (见 62-63 页数据)

Tabla 5-13 temperatura de bobina del estator desde SCADA (Ver páginas62-63)

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16
	短路 Cortocircuito	67.7	69.5	64.8	59.7	71.4	68.4	71.6	69.2	67.0	59.7	60.7	67.3	71.3	67.0	67.1	66.9
	No.1 7	No.1 8	No.1 9	No.2 0	No.2 1	No.2 2	No.2 3	No.2 4	--	--	--	--	--	--	--	--
	64.6	72.5	69.4	72.9	67.0	74.8	72.7	69.9						--	--	--
短路工况定子线圈平均温度 Temperatura promedio de la bobina del estator de cortocircuito									68							
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16
100%P _N	81.0	82.5	77.9	71.8	83.8	82.5	84.3	82.6	81.1	74.0	71.7	81.3	83.8	81.6	80.8	81.1
	No.1 7	No.1 8	No.1 9	No.2 0	No.2 1	No.2 2	No.2 3	No.2 4	--	--	--	--	--	--	--	--
	76.6	84.6	85.1	87.6	81.8	86.6	83.1	80.2								
额定负载工况定子线圈平均温度 Temperatura promedio de bobina del estator de carga nominal									81.1							

L

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

表 5-14 发电机励磁电流测量数据 (见 61 页数据)

Tabla 5-14 Registro de datos del corriente de excitación del generador (Ver páginas61)

工况 Condición	time	P (MW)	Q (MVar)	cosφ	U _{AB} (kV)	U _{BC} (kV)	U _{CA} (kV)	I _A (A)	I _B (A)	I _C (A)	U _f (V)	I _f (A)	F (Hz)
100%P _N	2019/5/14 15:47	90.344	42.39	0.9052	14.251	14.224	14.251	4072.2	3932.4	4056.2	225.83	1198.8	60.013
90%P _N	2019/5/14 16:07	81.303	39.464	0.8996	14.282	14.254	14.279	3681	3544.8	3677.3	216.59	1155.3	59.947
80%P _N	2019/5/14 16:08	72.141	36.265	0.8934	14.236	14.213	14.238	3308.6	3165.4	3293.3	201.51	1092.4	60.026
70%P _N	2019/5/14 16:09	63.275	30.163	0.9026	14.112	14.087	14.109	2899.3	2765.4	2889.9	187.38	1006.9	60.006
60%P _N	2019/5/14 16:10	53.261	27.101	0.8912	14.063	14.052	14.074	2494.3	2347.7	2477.4	172.66	955.69	59.94
50%P _N	2019/5/14 16:13	45.26	22.294	0.897	13.977	13.975	13.969	2123.9	1967.5	2124.7	166.8	888.88	60.061
40%P _N	2019/5/14 16:14	35.52	17.591	0.8961	13.888	13.893	13.878	1688.4	1531	1700.2	152.65	829.03	60.01

表 5-15 励磁设备损耗测量数据 (见 61 页数据)

Tabla 5-15 Registro de pérdida de los equipos de excitación (Ver páginas61)

工况 Condición	time	Pe (kW)	Qe (kVar)	cosφe	U _{ABe} (kV)	U _{Bce} (kV)	U _{CAe} (kV)	I _{Ae} (A)	I _{Ce} (A)	U _f (V)	I _f (A)
100%P _N	2019/5/14 15:47	280.71	721.19	0.3627	14.251	14.224	14.251	32.629	32.534	225.83	1198.8
90%P _N	2019/5/14 16:07	258.93	697.93	0.3478	14.282	14.254	14.279	31.345	31.252	216.59	1155.3
80%P _N	2019/5/14 16:08	228.05	664.34	0.3246	14.236	14.213	14.238	29.67	29.574	201.51	1092.4
70%P _N	2019/5/14 16:09	195.48	610.98	0.3047	14.112	14.087	14.109	27.35	27.262	187.38	1006.9
60%P _N	2019/5/14 16:10	171.55	582.51	0.2825	14.063	14.052	14.074	26.002	25.885	172.66	955.69
50%P _N	2019/5/14 16:13	154.14	539.79	0.2745	13.977	13.975	13.969	24.19	24.09	166.8	888.88
40%P _N	2019/5/14 16:14	132.28	502.9	0.2543	13.888	13.893	13.878	22.572	22.482	152.65	829.03

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: OEA.122.4175 / B

6 各项损耗计算 Cálculo de cada pérdida

6.1 通风损耗 Pérdida de ventilación

通风损耗 $P_{fr+vent}$ ，可用量热法，由额定转速空转试验来确定。通风损耗为恒定值，不随负载的变化而变化。

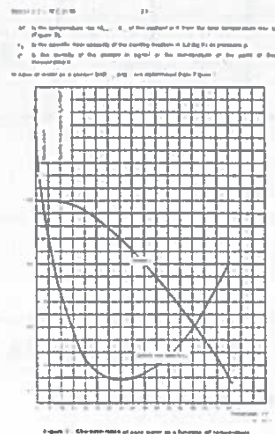
Pérdida de ventilación $P_{fr+vent}$, se puede usar la forma Calorimetría, definir por la prueba de giro en vacío o con velocidad giratoria nominal. La pérdida de ventilación es valor constante, no cambia según la carga.

空气冷却器带走的损耗 Pérdida por enfriador de aire

用公式(3-1) $P_1 = C_p Q \rho \Delta t$, 确定空气冷却器带走的损耗。

Se define la pérdida de enfriador de aire con ecuación (3-1) $P_1 = C_p Q \rho \Delta t$

C_p 、 ρ 见 IEC60034-2-2 第 23 页图 7; C_p 、 ρ vea Figura 7 de la página 23 de IEC60034-2-2



Q 见表 5-3 红色部分;

t_{out} 、 t_{in} 见表 5-4 红色部分;

Q vea la parte roja de la Tabla 5-3;

t_{out} 、 t_{in} se muestran en la parte roja de la Tabla 5-4

$$\Delta t = t_{out} - t_{in} = 25.13 - 22.18 = 2.95 ;$$

$$P_1 = C_p Q \rho \Delta t = 4.179 \times 132.98 / 3600 \times 997.02 \times 2.95 = 454.03 kW$$

表 6-1 空气冷却器带走的损耗 (空转试验)

Tabla 6-1 Pérdida por enfriador de aire (Prueba de giro en vacío)

C_p (kJ/kg·K)	Q (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	t_{in} (°C)	t_{out} (°C)	Δt (K)	P_1 (kW)
4.1790	132.98/3600	997.02	22.18	25.13	2.95	454.03

2



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

发电机外表面散发的损耗 Pérdida del superficie de generador

表面散热系数 h 的数值可用公式(3-3) $h=11+3v$ 计算:

El valor del coeficiente de enfriamiento de calor de la superficie, se puede calcular mediante la siguiente ecuación: $h=11+3v$

表 6-2 空转工况空气湿度和表面风速 (数据见表 5-9) (los datos se muestran en la tabla 5-9)

Humedad del aire y velocidad del viento de superficie de giro en vacío (数据见表 5-9) (los datos se muestran en la tabla 5-9)

时间 Tiempo	上盖板风速(m/s) Velocidad de viento de la tapa superior			下盖板风速(m/s) Velocidad de viento de la tapa inferior			水泥围墙风速(m/s) Velocidad de viento de la pared de cemento		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	0.26	0.25	0.14	0.15	0.19	0.18	0.16	0.31	0.09
平均值 v promedio	0.217			0.173			0.187		
$h=11+3v$	11.65			11.52			11.56		

用公式(3-2) $P_2 = hA\Delta t \times 10^{-3}$, 确定外表面散发的损耗 Se calcula la pérdida de superficie de generador utilizando la fórmula $P_2 = hA\Delta t \times 10^{-3}$:

表 6-3 外表面散发的损耗 (空转试验)

Tabla 6-3 Pérdida de superficie de generador(prueba de giro en vacío)

	A (m ²)	h (W/m ² ·K)	t1 表面 平均 (°C)	t2 环境 平均 (°C)	Δt (K)	P_{2-1} (kW)
滑环外罩表面 superficie de cubierta de los anillos deslizantes	54	11.65	34.93	29.63	5.3	3.33
上盖板 Tapa superior	50	11.65	30.86	29.63	1.23	0.71
下盖板 Tapa inferior	10	11.52	31.00	29.12	1.88	0.22

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

风洞水泥围墙 Pared de cemento	130	11.56	30.78	30.03	0.75	1.13
总计 Total						5.39

上表中, t_1 、 t_2 见表 5-5 红色部分, En la tabla anterior, t_1 、 t_2 vea en la parte roja de la Tabla 5-5.

例如滑环外罩表面温度 Temperatura superficial de la cubierta del anillo deslizante :

$$t_1 = (34.96 + 34.99 + 35.17 + 34.59) \div 4 = 34.93^\circ\text{C}$$

h 见表 6-2 红色部分, A 见表 5-1; h vea la parte roja de la Tabla 6-2, A vea la Tabla 5-1;

滑环罩外表面 Superficie exterior de la cubierta del anillo deslizante :

$$P_{2-1} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.65 \times 54 \times 5.3 / 1000 = 3.33\text{kW};$$

$$\text{上盖板 Tapa superior: } P_{2-1} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.65 \times 50 \times 1.23 / 1000 = 0.71\text{kW};$$

$$\text{下盖板 Tapa inferior: } P_{2-1} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.52 \times 10 \times 1.88 / 1000 = 0.22\text{kW};$$

风洞水泥围墙 Muros de cemento para túneles de viento :

$$P_{2-1} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.65 \times 130 \times 0.75 / 1000 = 1.13\text{kW};$$

$$\text{总计 Total: } P_{2-1} = 3.33 + 0.71 + 0.22 + 1.13 = 5.39\text{kW};$$

通风损耗 Pérdida de ventilación

通风损耗为空转工况下空气冷却器带走的损耗与发电机外表面散发的损耗之和:

Pérdida de ventilación es la suma de pérdida de enfriador de aire de marcha en vacío y pérdida de superficie del generador

表 6-4 通风损耗

Tabla 6-4 Pérdida de ventilación

项目 Ítem	损耗 Pérdida(kW)
空气冷却器带走的损耗 Pérdida por enfriador de aire P_1	454.03
外表面散发的损耗 Pérdida de superficie P_{2-1}	5.39
总计 Total $P_{fr+vent}$	459.42

$$\text{通风损耗 Pérdida de ventilación: } P_{fr+vent} = P_1 + P_{2-1} = 454.03 + 5.39 = 459.42 \text{ (kW)}$$

6.2 铁心损耗 (铁耗) Pérdida del núcleo de estator (Pérdida de hierro)

见 IEC60034-2-2 第 8 页 6.2 Ver 6.2 en la página 8 de IEC60034-2-2

铁心损耗, 可由额定电压空载试验测得的损耗之和中减去额定转速空转试验测试的通风损耗确定。

铁心损耗为恒定值, 不随负载的变化而变化。

Pérdida en el núcleo, se puede calcular: la suma de pérdida de la prueba de carga nula de tensión nominal resta la pérdida de ventilación de la prueba de marcha en vacío de velocidad giratoria nominal. La pérdida de núcleo es valor constante, no cambia según la carga.

空气冷却器带走的损耗 Pérdida del enfriador de aire

用公式(3-1) $P_1 = C_p Q \rho \Delta t$, 确定空气冷却器带走的损耗 Se define la pérdida de enfriador de aire

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

con la ecuación (3-1) $P_1 = C_p Q \rho \Delta t$:

表 6-5 空气冷却器带走的损耗 (空载试验)

Tabla 6-5 Pérdida del enfriador de aire (Prueba sin carga)

C_p (kJ/kg·K)	Q (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	t_{in} (°C)	t_{out} (°C)	Δt (K)	P_1 (kW)
4.1791	157.53/3600	996.95	21.34	25.42	4.08	743.84

上表中 C_p 、 ρ 见 IEC60034-2-2 图 7; C_p 、 ρ 在 la tabla anterior vea en la Figura 7 de IEC60034-2-2;

t_{in} 、 t_{out} 见表 5-4; t_{in} 、 t_{out} vea la Tabla 5-4.

Q 见表 5-3; Q vea en la Tabla 5-3;

$P_1 = C_p Q \rho \Delta t = 4.1791 \times 157.53/3600 \times 996.95 \times 4.08 = 743.84$ (kW);

发电机外表面散发的损耗 Pérdida del superficie de generador

表面散热系数 h 的数值可用公式(3-3) $h=11+3v$ 计算:

El valor del coeficiente de enfriamiento de calor de la superficie h se puede calcular mediante la siguiente ecuación(3-3) : $h=11+3v$

表 6-6 空载工况空气湿度和表面风速 (数据见 5-10) Los datos se muestran en la Tabla 5-10

Humedad del aire y velocidad del viento del superficie de carga nula (数据见 5-10) Los datos se muestran en

la Tabla 5-10

时间 Tiempo	上盖板风速(m/s) Velocidad de viento de la tapa superior			下盖板风速(m/s) Velocidad de viento de la tapa inferior			水泥围墙风速(m/s) Velocidad de viento de la pared de cemento		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	0.21	0.15	0.18	0.23	0.28	0.26	0.17	0.13	0.14
平均值 v promedio	0.18			0.257			0.147		
$h=11+3v$	11.54			11.77			11.44		

用公式(3-2) $P_2 = hA \Delta t \times 10^{-3}$, 确定外表面散发的损耗 Se calcula la pérdida de superficie de generador utilizando la fórmula(3-2) $P_2 = hA \Delta t \times 10^{-3}$;

表 6-7 外表面散发的损耗 (空载试验)

Tabla 6-7 Pérdida del superficie de generador (Prueba sin carga)

	A (m ²)	h (W/m ² ·	t1 表面平	t2 环境平均	Δt (K)	P_{2-2} (kW)

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

		K)	均(°C)	(°C)		
滑环外罩表面 superficie de cubierta de los anillos deslizantes	54	11.54	36.83	29.99	6.84	4.26
上盖板 Tapa superior	50	11.54	32.03	29.99	2.04	1.18
下盖板 Tapa inferior	10	11.77	31.61	29.32	2.29	0.27
风洞水泥围墙 Pared de cemento	130	11.44	30.53	30.38	0.15	0.22
总计 Total P ₂₋₂						5.93

上表中, t₁、t₂ 见表 5-6 红色部分, En la tabla anterior, t₁、t₂ vea en la parte roja de la Tabla 5-6

例如滑环外罩表面温度 Temperatura superficial de la cubierta del anillo deslizante :

$$t_1 = (36.69 + 37.22 + 36.93 + 36.48) \div 4 = 36.83^\circ\text{C}$$

h 见表 6-6 红色部分, A 见表 5-1; h vea en la parte roja en la Tabla 6-6, A vea de la Tabla 5-1;

滑环罩外表面 Superficie exterior de la cubierta de anillos deslizantes :

$$P_{2-2} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.54 \times 54 \times 6.84 / 1000 = 4.26\text{kW};$$

$$\text{上盖板 Tapa superior: } P_{2-2} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.54 \times 50 \times 2.04 / 1000 = 1.18\text{kW};$$

$$\text{下盖板 Tapa inferior: } P_{2-2} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.77 \times 10 \times 2.29 / 1000 = 0.27\text{kW};$$

风洞水泥围墙 Muros de cemento para túneles de viento :

$$P_{2-2} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.44 \times 130 \times 0.15 / 1000 = 0.22\text{kW};$$

$$\text{总计 Total: } P_{2-2} = 4.26 + 1.18 + 0.27 + 0.22 = 5.93\text{kW};$$

空载励磁功率 Potencia de excitación sin carga

空载励磁功率, 见下表 La potencia de excitación sin carga se ve en la siguiente tabla:

表 6-8 空载励磁功率

Tabla 6-8 La potencia de excitación sin carga

工况 Condición	U _{FD} (V)	I _{FD} (A)	P _{f(oc)} (kW)
空载 Sin carga	109.92	635.40	69.84

上表中 U_F、I_F 见表 5-2 红色部分; U_F、I_F en la tabla anterior se muestran en la parte roja de la Tabla 5-2;

d) 铁心损耗 (铁耗) Pérdida en el núcleo (Pérdida de hierro)

空载损耗为空载工况下空气冷却器带走的损耗与发电机外表面散发的损耗之和:

La pérdida de carga nula es la suma de pérdida de enfriador de condición carga nula y pérdida del superficie:

表 6-9 空载损耗

Tabla 6-9 Pérdida sin carga

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

项目 Item	损耗 Pérdida(kW)
空气冷却器带走的损耗 Pérdida de enfriador de aire P_1	743.84
外表面散发的损耗 Pérdida de superficie P_2	5.93
总计 Total P_{OC}	749.77

上表中 En la tabla anterior $P_{OC}=P_1+P_2=743.84+5.84=749.77(KW)$ 见公式 3-4; Ver fórmula 3-4
空载工况定子电压 $U_1=(13828+13732+13807) \div 3=13789.00kV$ 时 (见表 5-2) 铁心损耗 P_{FE1} :
Abajo de condición carga nula, cuando la tensión del estator es $U_1=(13828+13732+13807) \div 3=13789.000V$ (tabla 5-2), la pérdida de núcleo P_{FE1} es:

空载工况额定定子电压 $U_N=13.8kV$ 时铁心损耗按公式 (3-15) 计算:

Quando la tensión del estator es nominal abajo de la condición carga nula $U_N=13.8kV$, la pérdida del núcleo se calcula a través de la ecuación (3-15):

表 6-10 铁心损耗(kW)
Tabla 6-10 Pérdida de núcleo (kW)

$P_{OC}(kW)$	$P_{fr+vent}(kW)$	$P_{f(oc)}(kW)$	$P_{FE1}(kW)$	$P_{FE}(kW)$
749.77	459.42	69.84	220.51	220.86

上表中 P_{OC} 见表 6-9, $P_{fr+vent}$ 见表 6-4, $P_{f(oc)}$ 见表 6-8; P_{OC} en la tabla anterior se muestra en la Tabla 6-9, $P_{fr+vent}$ se muestra en la Tabla 6-4, $P_{f(oc)}$ se muestra en la Tabla 6-8;

$P_{FE1}=P_{OC}-P_{fr+vent}-P_{f(oc)}=749.76-459.42-69.84=220.5(kW)$;

额定定子电压 $U_N=13.8kV$ 时铁心损耗: $P_{FE}=\frac{(U_N)^2}{(U_0)^2} \times P_{FE} = \left(\frac{13800}{13789}\right)^2 \times 220.51 = 220.86 (kW)$

Quando con tensión nominal del estator $U_N=13.8kV$, la pérdida de núcleo es:

$P_{FE}=220.85 (kW)$

6.3 杂散损耗 Pérdidas varias

定子铜耗和杂散损耗 $P_{cu}+P_{sl}$, 可由额定短路电流试验测得的损耗之和减去额定转速空转试验测得的通风损耗确定。杂散损耗随负载的变化而变化。

Pérdida de cobre del estator y pérdida varias $P_{cu}+P_{sl}$, se puede calcular: la suma de pérdida de la prueba de corriente de cortocircuito nominal restar la pérdida de ventilación de la prueba de marcha en vacío de la velocidad giratoria nominal.

La pérdida varias(pérdida adicional)cambiar según la cambia de carga.

空气冷却器带走的损耗 Pérdidas por enfriador de aire

用公式(3-1) $P_1 = C_p Q \rho \Delta t$, 确定空气冷却器带走的损耗:

Se calcula la pérdida que se lleva por enfriador de aire utilizando la fórmula

表 6-11 空气冷却器带走的损耗 (短路试验)

Tabla 6-11 Pérdida por enfriador de aire (Prueba de corto circuito)

C_p (kJ/kg·K)	Q (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	t_{in} (°C)	t_{out} (°C)	Δt (K)	P_{1-3} (kW)
--------------------	----------------------------	--------------------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

4.1792	157.16/3600	996.92	20.84	25.52	4.68	851.21
--------	-------------	--------	-------	-------	------	--------

上表中 C_p 、 ρ 见 IEC60034-2-2 图 7;

t_{in} 、 t_{out} 见表 5-4;

Q 见表 5-3;

$$P_{1-3} = C_p Q \rho \Delta t = 4.1792 \times 157.16/3600 \times 996.92 \times (25.52 - 20.84) = 851.21 \text{ (kW)};$$

C_p 、 ρ 在表格上方显示在 IEC60034-2-2 的 Figura 7 中;

t_{in} 、 t_{out} , 见表格 5-4.

Q 显示在表格 5-3 中

$$P_{1-3} = C_p Q \rho \Delta t = 4.1792 \times 157.16/3600 \times 996.92 \times (25.52 - 20.84) = 851.21 \text{ (kW)};$$

发电机外表面散发的损耗 Pérdida del superficie de generador

表面散热系数 h 的数值可用公式(3-3) $h=11+3v$ 计算:

El valor del coeficiente de enfriamiento de calor de la superficie h se puede calcular mediante la siguiente ecuación(3-3) : $h=11+3v$

表 6-12 短路工况空气湿度和表面风速

Tabla 6-12 Humedad del aire y velocidad del viento de superficie

时间 Tiempo	上盖板风速(m/s) Velocidad de viento de la tapa superior			下盖板风速(m/s) Velocidad de viento de la tapa inferior			水泥围墙风速(m/s) Velocidad de viento de la pared de cemento		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		0.24	0.15	0.33	0.44	0.28	0.25	0.13	0.17
平均值 v promedio	0.24			0.323			0.157		
$h=11+3v$	11.72			11.97			11.47		

用公式(3-2) $P_2 = hA \Delta t \times 10^{-3}$, 确定外表面散发的损耗

Se calcula la pérdida de superficie de generador utilizando la fórmula (3-2) $P_2 = hA \Delta t \times 10^{-3}$:

表 6-13 外表面散发的损耗 (短路试验)

Tabla 6-13 Pérdida de superficie de generador (Prueba de corto circuito)

	A (m ²)	h (W/m ² •K)	t1 表面 平均(°C) promedi	t2 环境 平均(°C) Promedia	Δt (K)	$P_{2,3}$ (kW)



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

			a del superfici e	del ambiente		
滑环外罩表面 superficie de cubierta de los anillos deslizantes	54	11.72	36.92	29.59	7.33	4.64
上盖板 Tapa superior	50	11.72	32.45	29.59	2.86	1.68
下盖板 Tapa inferior	10	11.97	31.86	29.02	2.84	0.34
风洞水泥围墙 Pared de cemento	130	11.47	30.33	29.78	0.55	0.82
总计 P ₂₋₃						7.48

上表中, t_1 、 t_2 见表 5-7 红色部分, 取平均值, h 见表 6-12 红色部分, A 见表 5-1;

En la tabla anterior, t_1 、 t_2 se muestran en la parte roja de la Tabla 5-7, Tome el valor promedio, h se muestra en la parte roja de la Tabla 6-12, A se muestra en la Tabla 5-1;

滑环罩外表面 Superficie exterior de la cubierta de anillos deslizantes :

$$P_{2-3} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.72 \times 54 \times 7.33 / 1000 = 4.64kW ;$$

$$\text{上盖板 Tapa superior: } P_{2-3} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.72 \times 50 \times 2.86 / 1000 = 1.68kW ;$$

$$\text{下盖板 Tapa inferior: } P_{2-3} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.97 \times 10 \times 2.84 / 1000 = 0.34kW ;$$

风洞水泥围墙 Muro de cemento para túneles de viento :

$$P_{2-3} = hA\Delta t \times 10^{-3} = 11.47 \times 130 \times 0.55 / 1000 = 0.82kW ;$$

$$\text{总计 Total: } P_{2-3} = 4.64 + 1.68 + 0.34 + 0.82 = 7.48kW$$

短路励磁功率 Potencia de excitación de corto circuito

表 6-14 短路励磁功率

Tabla 6-14 Potencia de excitación de corto circuito

工况 Condición	$U_{FD}(V)$	$I_{FD}(A)$	$P_{f(sc)}(kW)$
短路 Corto circuito	87.995	535.98	47.16

上表中 U_F 、 I_F 见表 5-2 红色部分; U_F 、 I_F en la tabla anterior se muestran en la parte roja de la Tabla 5-2;

短路试验时的定子铜耗 La pérdida de cobre del estator en prueba de corto circuito

根据 1#机定子整体试验报告 (见附件 2) 可知定子电阻在 34.2℃ 条件下测得三相电阻平均电阻值为 0.003588 (Ω), 由换算公式 $R_1/R_2 = (T_1 + 235)/(T_2 + 235)$ 可计算得出 68.0℃ (见表 6-15) 时电阻值 R_2 , Valor R_2

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

$$R_2 = R_1 \times \left(\frac{T_2 + 235}{T_1 + 235} \right) = 0.003588 \times \left(\frac{68 + 235}{34.2 + 235} \right) = 0.00403849926 \Omega \quad \text{见公式 3-14} \quad \text{Ver fórmula}$$

3-14

De acuerdo al informe de la prueba general de estator #1(anexo 2), puede saber la resistencia promedio de tres fases del estator con condición de 34.2°C es 0.003588 (Ω), a través de la ecuación

$R_1/R_2 = (T_1 + 235)/(T_2 + 235)$ podemos saber la resistencia de condición 68.0°C (Tabla 6-15)

短路工况定子电流 $I = \frac{4183.5 + 4150.7 + 4169}{3} = 4167.73 \text{A}$ (见表 5-2) 定子绕组 68.0°C 时定子铜耗 P_{cu} :

Corriente del estator de condición cortocircuito $I = 4167.73 \text{A}$ (tabla 5-2), pérdida de cobre P_{cu} de bobina del estator con temperatura 68.0°C:

表 6-15 短路试验时的定子铜耗

Tabla 6-15 La pérdida de devanado de estator en prueba de corto circuito

工况 Condición	R(68.0°C, Ω)	I(A)	P_{cu} (kW)
短路 Corto circuito	0.00403849926	4167.73	210.45

上表中 En la tabla anterior $P_{cu} = 3I^2R = 3 \times 4167.73^2 \times 0.00403849926 \times 10^{-3} = 210.45 \text{(kW)}$

见公式 3-6 Ver fórmula 3-6

试验的杂散损耗 Pérdidas varias de prueba

短路损耗为短路工况下空气冷却器带走的损耗与发电机外表面散发的损耗之和:

Pérdida de cortocircuito es la suma de pérdida de enfriador de aire en condición cortocircuito y pérdida del superficie de generador:

表 6-16 短路损耗

Tabla 6-16 Pérdida de corto circuito

项目 Ítem	损耗 Pérdida(kW)
空气冷却器带走的损耗 Pérdida de enfriador de aire P_{1-3}	851.21
外表面散发的损耗 Pérdida de superficie P_{2-3}	7.48
总计 Total P_{sc}	858.69

杂散损耗由公式(3-7)计算可得:

$$P_{sc} = P_{1-3} + P_{2-3} = 851.21 + 7.48 = 858.69 \text{(kW)} \quad \text{见公式 3-4} \quad \text{Ver fórmula 3-4}$$

A través de ecuación (3-7) se puede saber la pérdidas varias:

短路工况定子电流 $I_1 = 4167.73 \text{A}$ (见表 5-2) 时杂散损耗 P_{s11} :

Pérdida de varias del corriente del estator $I_1 = 4167.73 \text{A}$ (tabla 5-2) en condición cortocircuito P_{s11} :

短路工况额定定子电流 $I_1 = 4183.7 \text{A}$ 时杂散损耗 P_{s1} 按公式 (3-16) 计算

Pérdida de varias del corriente nominal del estator $I_1 = 4183.7 \text{A}$ calcular a través de ecuación (3-16) en condición cortocircuito:

表 6-17 杂散损耗 (测试)

1



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

Tabla6-17 Pérdida varias (Prueba)

P _{sc} (kW)	P _{fr+vent} (kW)	P _{f[sc]} (kW)	P _{cu+ P_{sl}} (kW)	P _{cu} (kW)	P _{sl1} (kW)	P _{sl} (kW)
858.69	459.42	47.16	352.11	210.45	141.66	142.75

上表中 En la tabla anterior, $P_{cu}+P_{sl}=P_{sc}-P_{fr+vent}-P_{f[sc]}=858.69-459.42-47.16=352.11(\text{kW})$;

$P_{sl1}=P_{cu}+P_{sl}-P_{cu}=352.11-210.45=141.66(\text{kW})$

额定定子电流 $I_1=4183.7\text{A}$ 时杂散损耗 Pérdida de dispersión a la corriente nominal del estator $I_1=4183.7\text{A}$:

$P_{sl}=\frac{(I_2)^2}{(I_1)^2}P_{sl1}=\frac{4183.7^2}{4167.73^2}\times 141.66=142.75(\text{kW})$ 见公式 3-16 Ver fórmula 3-16 , 数据见表 5-2、6-17;

Ver los datos en la tabla 5-2 、 6-17;

Pérdida de varias del corriente nominal del estator $I_1=4183.7\text{A}$: $P_{sl}=142.75(\text{kW})$

6.4 定子铜耗与杂散损耗; La pérdida de cobre del estator y las pérdidas varias

发电机运行工况的定子铜耗 P_{cu} , 按温度 75°C 下的电阻进行计算

La pérdida P_{cu} de cobre del estator bajo condición de función de generador se calcula con temperatura 75°C de resistencia.

根据 1#机定子整体试验报告 (见附件 2) 可知定子电阻在 34.2°C 条件下测得三相电阻平均电阻 $0.003588(\Omega)$, 由换算公式 $R_1/R_2=(T_1+235)/(T_2+235)$ 可计算得出 75°C 时电阻值 R_2 :

$$R_2 = \frac{(T_2 + 235)}{(T_1 + 235)} R_1 = \frac{75 + 235}{34.2 + 235} \times 0.003588 = 0.004132\Omega$$

De acuerdo al informe de la prueba general de estator #1(anexo 2), puede saber la resistencia promedia de tres fases del estator con condición de 34.2°C es $0.003588(\Omega)$, a través de la ecuación

$R_1/R_2=(T_1+235)/(T_2+235)$ podemos saber la resistencia (R_1) de condición 75°C

由公式 (3-6)、(3-16) 计算定子铜耗和杂散损耗, 见下表:

A través de ecuación (3-6) (3-16) a calcular la pérdida varia y pérdida de cobre del estator:

表 6-18 定子绕组铜耗和杂散损耗

Tabla 6-18 La pérdida de cobre de devanado del estator y las pérdidas varias

工况 Capacidad	100% P _N	90% P _N	80% P _N	70% P _N	60% P _N
COSφ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
I (A)	4183.7	3765.33	3346.96	2928.59	2510.22
P _{cu+ P_{sl}} (kW)	359.711	291.375	230.215	176.259	129.496
P _{sl} (kW)	142.75	115.628	91.36	69.948	51.39
P _{cu} (75°C) (kW)	216.961	175.747	138.855	106.311	78.106

上表中, 100%P_N时 En la tabla anterior, al 100%P_N , $P_{cu}(75^\circ\text{C}) = 3I^2R = 3 \times 4183.7^2 \times 0.004132 = 216.961\text{kW}$,

$P_{cu}+P_{sl}=216.961+142.75=359.711\text{kW}$;

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

90%P_N 时 A1 90%P_N , $P_{CU}(75^{\circ}C) = 3I^2R = 3 \times (4183.7 \times 0.9)^2 \times 0.004132 = 175.747kW$

$$P_{SI} = 0.9^2 \times 142.75 = 115.628kW;$$

$$P_{\alpha} + P_{SI} = 175.747 + 115.628 = 291.375kW;$$

80%P_N 时 A1 80%P_N , $P_{CU}(75^{\circ}C) = 3I^2R = 3 \times (4183.7 \times 0.8)^2 \times 0.004132 = 138.855kW$

$$P_{SI} = 0.8^2 \times 142.75 = 91.36 kW;$$

$$P_{\alpha} + P_{SI} = 138.855 + 91.36 = 230.215kW;$$

70%P_N 时 A1 70%P_N , $P_{CU}(75^{\circ}C) = 3I^2R = 3 \times (4183.7 \times 0.7)^2 \times 0.004132 = 106.311kW$

$$P_{SI} = 0.7^2 \times 142.75 = 69.948kW;$$

$$P_{\alpha} + P_{SI} = 106.311 + 69.948 = 176.259 kW;$$

60%P_N 时 A1 60%P_N , $P_{CU}(75^{\circ}C) = 3I^2R = 3 \times (4183.7 \times 0.6)^2 \times 0.004132 = 78.106kW$

$$P_{SI} = 0.6^2 \times 142.75 = 51.39 kW;$$

$$P_{\alpha} + P_{SI} = 78.106 + 51.39 = 129.496 kW;$$

6.5 转子铜耗 La pérdida de cobre del rotor

发电机运行工况的转子铜耗 P_{icu} , 按温度 75°C 下的电阻进行计算。

La pérdida P_{cu} de cobre del rotor bajo condición de función de generador se calcula con temperatura 75°C de resistencia.

根据 1#转子磁极整体试验报告 (见附件 1) 可知转子电阻在 27.5°C 条件下测得电阻值为 $R_2 = 0.1444 (\Omega)$, 由换算公式 $R_1/R_2 = (T_1 + 235)/(T_2 + 235)$ 可计算得出 75°C 时电阻值。

$$R_1 = \frac{T_1 + 235}{T_2 + 235} \times R_2 = \frac{75 + 235}{27.5 + 235} \times 0.1444 = 0.17053\Omega$$

De acuerdo al informe de la prueba general de polos de rotor de #1 (anexo 1), puede saber la resistencia del rotor con condición de 27.5°C es $R_2 = 0.1444 (\Omega)$, a través de la ecuación $R_1/R_2 = (T_1 + 235)/(T_2 + 235)$ podemos saber la resistencia de condición 75°C

由公式(3-9)计算转子铜耗可得, 见下表:

A través de la ecuación 3-9 podemos saber la pérdida de cobre del rotor:

表 6-19 转子铜耗

Tabla 6-19 La pérdida de cobre del rotor

工况 Capacidad	100% P _N	90% P _N	80% P _N	70% P _N	60% P _N
COSΦ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

I_f (A)	1198.8	1155.3	1092.4	1006.9	955.69
P_{fcu} (75°C) (kW)	245.072	227.609	203.499	172.891	155.752

上表中 I_f 数据见表 5-14 红色部分: Los datos I_f en la tabla anterior se muestran en la parte roja de la

Tabla 5-14

100% P_N 时 $A1$ 100% P_N , $P_{fcu}(75^\circ C)=I_f^2 R_{75^\circ C}=1198.8^2 \times 0.17053=245.072\text{kW}$;

90% P_N 时 $A1$ 90% P_N , $P_{fcu}(75^\circ C)=I_f^2 R_{75^\circ C}=1155.3^2 \times 0.17053=227.609\text{kW}$;

80% P_N 时 $A1$ 80% P_N , $P_{fcu}(75^\circ C)=I_f^2 R_{75^\circ C}=1092.4^2 \times 0.17053=203.499\text{kW}$;

70% P_N 时 $A1$ 70% P_N , $P_{fcu}(75^\circ C)=I_f^2 R_{75^\circ C}=1006.9^2 \times 0.17053=172.891\text{kW}$;

60% P_N 时 $A1$ 60% P_N , $P_{fcu}(75^\circ C)=I_f^2 R_{75^\circ C}=955.69^2 \times 0.17053=155.752\text{kW}$;

6.6 轴承损耗 Pérdida de cojinete

由计算公式 (3-1) 和 100% P_N 工况测试数据, 计算得上导轴承油冷却器水路带走的损耗:

Se calcula la pérdida que se lleva por el agua de enfriador de aceite del cojinete de guía superior utilizando la fórmula (3-1) y los datos de medición con 100% P_N

表 6-20 上导轴承油冷却器水路带走的损耗

Tabla 6-20 La pérdida de tubería de agua de enfriador de aceite de cojinete de guía superior

负载 Carga	C_p (kj/(kg·k))	Q (m^3/s)	P (kg/m^3)	t_{in} (°C)	t_{out} (°C)	Δt (k)	P_2 (kW)
100% P_N	4.1796	10.95/3600	997.56	21.74	22.93	1.19	15.09

由计算公式 (3-1) 和 100% P_N 工况测试数据, 计算得推力轴承油冷却器水路带走的损耗 P_T

上表中 C_p 、 ρ 见 IEC60034-2-2 图 7;

t_{in} 、 t_{out} 见表 5-4 红色部分;

Q 见表 5-3 红色部分;

$P_2=C_p Q \rho \Delta t=4.1796 \times 10.95/3600 \times 997.56 \times (22.93-21.74)=15.09(\text{kW})$;

C_p 、 ρ en la tabla anterior se muestran en la Figura 7 de IEC60034-2-2;

t_{in} 、 t_{out} , vea la parte roja en la Tabla 5-4.

Q vea la parte roja de la Tabla 5-3;

$P_2=C_p Q \rho \Delta t=4.1796 \times 10.95/3600 \times 997.56 \times (22.93-21.74)=15.09(\text{kW})$;

Se calcula la pérdida P_T que se lleva por el agua de enfriador de aceite de cojinete de empuje utilizando la fórmula (3-1) y los datos de medición de 100% P_N :

其中求取的推力轴承损耗, 是由发电机转动部分重量、水轮机转子重量和水推力之和的作用下产生的。按照标准规定: 发电机只计算发电机转动部分重量所产生的损耗部分。已知推力轴承负荷, 发电机转动部分总重。按比例计算应计入发电机部分推力轴承损耗按计算公式 (3-10) 计算 (见 IEC60034-2-2 第 17 页 7.2.5.6 部分): Ver la parte 7.2.5.6 de la página 17 de IEC60034-2-2

$$P_{T1} = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + T} P_T$$

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

La pérdida de los cojinetes de empuje obtenida en ella se genera por la suma del peso de la parte giratoria del generador, el peso del rotor de la turbina y el empuje del agua. Según la norma: el generador solo calcula la parte de la pérdida del peso de la parte giratoria del generador. Se conoce la carga del cojinete de empuje y el peso total de la parte giratoria del generador. Los cálculos proporcionales deben incluirse en la parte del generador de la pérdida del cojinete de empuje:

式中:

- W_1 —发电机转动部分重量, 187t;
- W_2 —水轮机转动部分重量, 31t;
- T_1 —水推力, $T=0$ (无水推力);
- P_T —推力轴承总损耗, kW;
- P_{T1} —发电机承担的推力轴承损耗, kW ;

Ecuación:

- $W1$: el peso de la parte giratoria del generador, t;
- $W2$: el peso de la parte giratoria de la turbina, t;
- $T1$: empuje del agua, $T = 0$ (sin empuje del agua);
- PT : la pérdida total del cojinete de empuje, kW;
- $PT1$: la pérdida del cojinete de empuje asumida por el generador, kW

表 6-21 推力轴承油冷却器水路带走的损耗

Tabla 6-21 La pérdida que se lleva por la tubería de agua de enfriador de aceite de cojinete de empuje

负载 Carga	C_p (kj/(kg·k))	Q (m^3/s)	ρ (kg/m^3)	t_{in} (°C)	t_{out} (°C)	Δt (k)	P_2 (kW)	P_{t1} (kW)
100% P_N	4.1793	42.56/3600	997.18	21.70	24.49	2.79	137.46	117.91

由计算公式 (3-1) 和 100% P_N 工况测试数据, 计算得下导轴承油冷却器水路带走的损耗
上表中 C_p 、 ρ 见 IEC60034-2-2 图 7;

t_{in} 、 t_{out} 见表 5-4 红色部分;

Q 见表 5-3 红色部分;

$$P_2 = C_p Q \rho \Delta t = 4.1793 \times 42.56/3600 \times 997.18 \times (24.49 - 21.70) = 137.46(\text{kW});$$

C_p 、 ρ en la tabla anterior se muestran en la Figura 7 de IEC60034-2-2;

t_{in} 、 t_{out} , vea la parte roja en la Tabla 5-4.

Q vea la parte roja de la Tabla 5-3;

$$P_2 = C_p Q \rho \Delta t = 4.1793 \times 42.56/3600 \times 997.18 \times (24.49 - 21.70) = 137.46(\text{kW});$$



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

$$P_{T1} = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + T} P = \frac{187}{187 + 31 + 0} \times 137.46 = 117.91 \text{ kW}$$

Se calcula la pérdida que se lleva por el agua de enfriador de aceite de cojinete de guía inferior utilizando la fórmula (3-1) y los datos de medición de 100%P_N:

表 6-22 下导轴承油冷却器水路带走的损耗

Tabla 6-22 La pérdida P que se lleva por el agua de enfriador de aceite de cojinete de guía inferior

负载 Carga	Cp (kJ/(kg·k))	Q (m ³ /s)	P (kg/m ³)	t _{in} (°C)	t _{out} (°C)	Δt (k)	P2 (kW)
100%P _N	4.1795	30.68/3600	997.44	21.73	23.43	1.7	60.40

上表中 C_p、ρ 见 IEC60034-2-2 图 7;

t_{in}、t_{out} 见表 5-4 红色部分;

Q 见表 5-3 红色部分;

$$P_2 = C_p Q \rho \Delta t = 4.1795 \times 30.68/3600 \times 997.44 \times (23.43 - 21.73) = 60.40 \text{ (kW)}$$

C_p、ρ en la tabla anterior se muestran en la Figura 7 de IEC60034-2-2;

t_{in}、t_{out}, vea la parte roja en la Tabla 5-4.

Q vea la parte roja de la Tabla 5-3;

$$P_2 = C_p Q \rho \Delta t = 4.1795 \times 30.68/3600 \times 997.44 \times (23.43 - 21.73) = 60.40 \text{ (kW)}$$

发电机轴承损耗, 见下表:

Pérdida de cojinete del generador:

表 6-23 轴承损耗

Tabla 6-23 Pérdida de cojinete

负载 Carga	上导轴承损耗 Pérdida de cojinete de guía superior (kW)	下导轴承损耗 Pérdida de cojinete de guía inferior (kW)	推力轴承损耗 Pérdida de cojinete de empuje (kW)	总轴承损耗 Pérdida total de cojinete (kW)
100%P _N	15.09	60.40	117.91	193.40

上表中, 总轴承损耗 En la tabla anterior, las pérdidas totales en los cojinetes = 15.09 + 60.40 + 117.91 = 193.40 kW;

6.7 励磁系统损耗 Pérdida de sistema de excitación

应计入发电机的辅助设备损耗 (励磁变压器, 整流元件等) Δ P_e。这部分损耗按测量值见表 6-24。

Hay que contar la pérdida de dispositivo auxiliar de generador P₇ (transformador de excitación, elementos de rectificación etc.). Esta parte de pérdida se toma como el valor de medición que se ve en la tabla 6-24:

表 6-24 测量励磁系统损耗时励磁变电气参数 (数据见表 5-14 或 61 页) (los datos se muestran en la Tabla 5-14 o la página 61)

Tabla 6-24 Medición de los parámetros eléctricos de transformador de excitación del desgaste del sistema de excitación (数据见表 5-14 或 61 页) (los datos se muestran en la Tabla 5-14 o la página 61)

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

工况 Condición	Pe (kW)	Qe (kVar)	P. F.	U _{AB} (kV)	U _{BC} (kV)	U _{CA} (kV)	I _A (A)	I _C (A)	U _f (V)	I _f (A)
100%	280.71	721.19	0.3627	14.251	14.224	14.251	32.629	32.534	225.83	1198.8
90%	258.93	697.93	0.3478	14.282	14.254	14.279	31.345	31.252	216.59	1155.3
80%	228.05	664.34	0.3246	14.236	14.213	14.238	29.67	29.574	201.51	1092.4
70%	195.48	610.98	0.3047	14.112	14.087	14.109	27.35	27.262	187.38	1006.9
60%	171.55	582.51	0.2825	14.063	14.052	14.074	26.002	25.885	172.66	955.69
50%	154.14	539.79	0.2745	13.977	13.975	13.969	24.19	24.09	166.8	888.88
40%	132.28	502.9	0.2543	13.888	13.893	13.878	22.572	22.482	152.65	829.03

表 6-25 励磁系统损耗测量值计算 (数据见表 5-15 或 61 页) (los datos se muestran en la Tabla 5-14 o la página 61)

Tabla 6-25 Medición de pérdida de sistema de excitación (数据见表 5-15 或 61 页) (los datos se muestran en la Tabla 5-15 o la página 61)

工况 Condición	U _f (V)	I _f (A)	Pe (kW)	P _f (kW)	励磁系统损耗 Pérdida de sistema de excitación $\Delta P_e = P_e - P_f$ (kW)
100%	225.83	1198.8	280.71	270.725	9.985
90%	216.59	1155.3	258.93	250.2264	8.704
80%	201.51	1092.4	228.05	220.1295	7.920
70%	187.38	1006.9	195.48	188.6729	6.807
60%	172.66	955.69	171.55	165.0094	6.541
50%	166.8	888.88	154.14	148.2652	5.875
40%	152.65	829.03	132.28	126.5514	5.729

上表中, 100%工况时 En la tabla anterior, al 100% de las condiciones de trabajo, $P_f = U_f I_f = 225.83 \times 1198.8 \times 10^{-3} = 270.725 \text{ kW}$;

$$\Delta P_e = P_e - P_f = 280.71 - 270.725 = 9.985 \text{ kW};$$

90%、80%、70%、60%、50%、40%工况时, 以此类推; 90%、80%、70%、60%、50%、40% condiciones de trabajo, y así sucesivamente;

6.8 集电环损耗 Pérdida de anillo colector

6.8.1 集电环电损耗 Pérdida de anillo colector

转子额定励磁电流及各工况励磁电流计见表 6-26。

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

Corriente nominal de excitación del rotor y corriente de excitación de diferentes condiciones puede ver el ítem 6-26

滑环损耗包括电刷电损耗和集电环机械摩擦损耗。集电环上电刷电损耗为励磁电流与一固定电压降之积，由公式 (3-10) 计算得出： $P_d=2I_f\Delta U\times 10^{-3}$ (kW)

La pérdida de anillo deslizante incluye la pérdida eléctrica de escobilla y la pérdida de fricción mecánica de anillo colector. La pérdida eléctrica de escobilla se calcula utilizando la corriente de excitación y un valor de caída de tensión estable como $P_d=2I_f\Delta U\times 10^{-3}$ (kW):

式中 En la ecuación :

I_f : 发电机转子励磁电流，见表6-24、表5-15 Ver Tabla 6-24, Tabla 5-15 La corriente de excitación de rotor de generador A

ΔU : 电刷压降 Caída de tensión de las escobillas en diferentes condiciones $\Delta U=1V$

表6-26滑环损耗

Tabla 6-26 Pérdida en los anillos deslizantes

工况 Condición	100% P_N	90% P_N	80% P_N	70% P_N	60% P_N
I_f (A)	1198.8	1155.3	1092.4	1006.9	955.69
ΔU (V)	1	1	1	1	1
电刷电损耗 Pérdida eléctrica de escobilla (kw)	2.398	2.311	2.185	2.014	1.911

上表中，100%工况时 En la tabla anterior, al 100% de las condiciones de trabajo, $P_d=2I_f\Delta U\times 10^{-3}=2\times 1198.8\times 1\times 10^{-3}=2.398kW$;

90%、80%、70%、60%工况时，以此类推；90%，80%，70%，60% condiciones de trabajo, y así sucesivamente

6.8.2 集电环摩擦损耗 Pérdida por fricción de anillos colectores

集电环摩擦损耗按公式(3-11)计算 La pérdida de fricción de anillo colector utilizando la fórmula (3-11)

$$P_{B_MECH}=V\times A\times\mu\times\rho\times 10^{-3} \quad (kW)$$

其中 en donde:

μ : 摩擦系数 factor de fricción, $\mu=0.2$;

$\rho=1.8 N/cm^2$;

A: 碳刷总的接触面积 Extensión de contacto de escobilla cm^2

V:集电环线速度 Velocidad lineal de anillo deslizante m/s

表6-27 集电环和电刷尺寸

Dibujo 6-27: dimension del cepillo y del anillo colector

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

集电环直径 (m) Diametro del anillo colector	1.29
单个电刷面积尺寸 (mm×mm) Dimension de la area de cada cepillo	25×32
总电刷个数 La cantidad total del cepillo	38
发电机转速 (r/min) Velocidad del giro del generador	360
电刷总面积 (cm ²) El área total de contacto de las escobillas	304
集电环的线速度 (m/s) La velocidad de línea del anillo colector	24.3159

表 6-28 集电环摩擦损耗

Tabla 6-28 Pérdida de fricción de anillo colector

损耗 Pérdida	μ	ρ (N/cm ²)	A (cm ²)	v (m/s)	$P_{4.2}$ (kW)
集电环摩擦损耗 Pérdida de fricción de los anillos deslizantes	0.2	1.8	304	24.3159	2.66

6.9 损耗和效率计算 Cálculo de eficiencia y pérdida

发电机总损耗=通风损耗+上导轴承损耗+下导轴承损耗+推力轴承损耗+集电环电损耗+集电环摩擦损耗+定子铜耗+铁耗+转子铜耗+励磁系统损耗+杂散损耗。见下表:

Pérdida general del generador = pérdida de ventilación + pérdida de cojinete guía superior+ pérdida de cojinete guía inferior + pérdida de cojinete de empuje + pérdida de anillo colector + pérdida de fricción de anillo + pérdida de cobre de estator + pérdida de núcleo + pérdida de rotor + pérdida del sistema de excitación + pérdida varias. Los detalles ver la tabla siguiente:

发电机各项损耗和效率见表 6-29

Cada pérdida y eficiencia del generador se ve en la siguiente tabla:

表6-29发电机各项损耗 (kW) 和效率 (%)

Tabla 6-29 Cada pérdida (kW) y eficiencia (%) de generador

负载 Carga		100%PN	90%PN	80%PN	70%PN	60%PN
视在功率 Potencia aparente S	MVA	100	90	80	70	60
有功功率 Potencia activa P	MW	90	81	72	63	54
无功功率 Potencia reactiva Q	MVar	43.58	39.23	34.87	30.51	26.15



哈尔滨电机厂有限责任公司
HARBIN ELECTRIC MACHINERY COMPANY LIMITED

厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

功率因数 Factor de potencia $\cos\phi$		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
定子电压 Tensión de estator U	V	13800	13800	13800	13800	13800
定子电流 Corriente de estator I	A	4183.7	3765.33	3346.96	2928.59	2510.22
励磁电流 Corriente de excitación I _f	A	1198.8	1155.3	1092.4	1006.9	955.69
损耗 Pérdida						
通风损耗 Pérdida de ventilación	kW	459.420	459.420	459.420	459.420	459.420
上导轴承损耗 Pérdida de cojinete de guía superior	kW	15.090	15.090	15.090	15.090	15.090
下导轴承损耗 Pérdida de cojinete de guía inferior	kW	60.400	60.400	60.400	60.400	60.400
推力轴承损耗 Pérdida de cojinete de empuje	kW	117.910	117.910	117.910	117.910	117.910
集电环损耗 Pérdida de anillo deslizante	kW	2.398	2.311	2.185	2.014	1.911
集电环摩擦损耗 Pérdida de fricción de los anillos deslizantes	kW	2.661	2.661	2.661	2.661	2.661
定子铜耗 Pérdida de cobre de estaor	kW	216.961	175.747	138.855	106.311	78.106
铁耗 Pérdida de núcleo de estator	kW	220.86	220.86	220.86	220.86	220.86
转子铜耗 Pérdida de devanado de rotor	kW	245.072	227.609	203.499	172.891	155.752
励磁系统损耗 Pérdida de sistema de excitación	kW	9.985	8.704	7.920	6.807	6.541
杂散损耗 Pérdidas varias	kW	142.75	115.628	91.36	69.948	51.39
总损耗 Pérdidas totales	kW	1493.51	1406.34	1320.16	1234.31	1170.04
效率实测值	%	98.37	98.29	98.20	98.08	97.88



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: OEA.122.4175 / B

Medición de la Eficiencia						
---------------------------	--	--	--	--	--	--

$$100\%PN, \eta = \left(1 - \frac{\sum P}{P_o + \sum P}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1493.51}{90000 + 1493.51}\right) \times 100\% = 98.37\%$$

$$90\%PN, \eta = \left(1 - \frac{\sum P}{P_o + \sum P}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1406.34}{81000 + 1406.34}\right) \times 100\% = 98.29\%$$

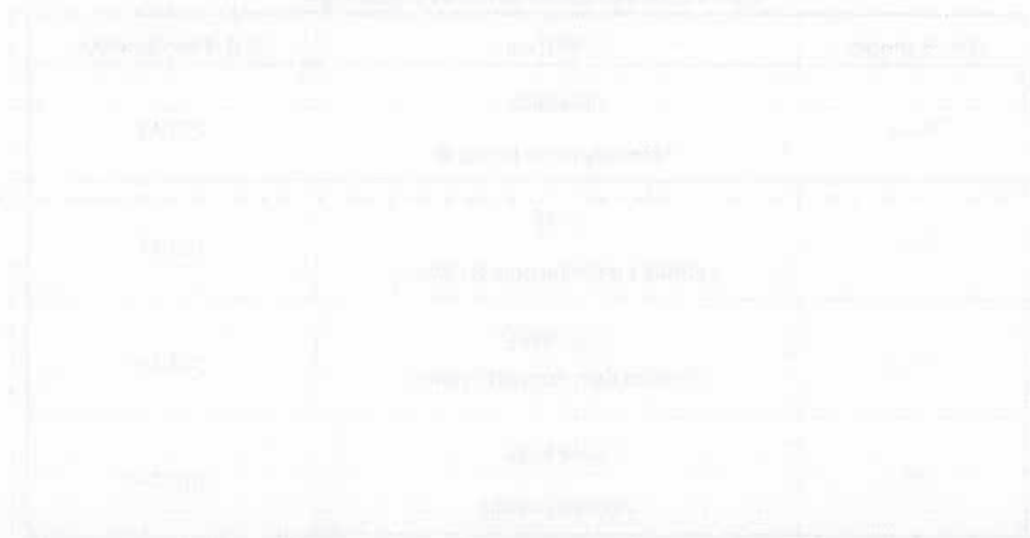
$$80\%PN, \eta = \left(1 - \frac{\sum P}{P_o + \sum P}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1320.16}{72000 + 1320.16}\right) \times 100\% = 98.20\%$$

$$70\%PN, \eta = \left(1 - \frac{\sum P}{P_o + \sum P}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1234.31}{63000 + 1234.31}\right) \times 100\% = 98.08\%$$

$$60\%PN, \eta = \left(1 - \frac{\sum P}{P_o + \sum P}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1170.04}{54000 + 1170.04}\right) \times 100\% = 97.88\%$$

测试效率曲线，见图 6-1

Curva de eficiencia de prueba se ve en gráfica 6-1:



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

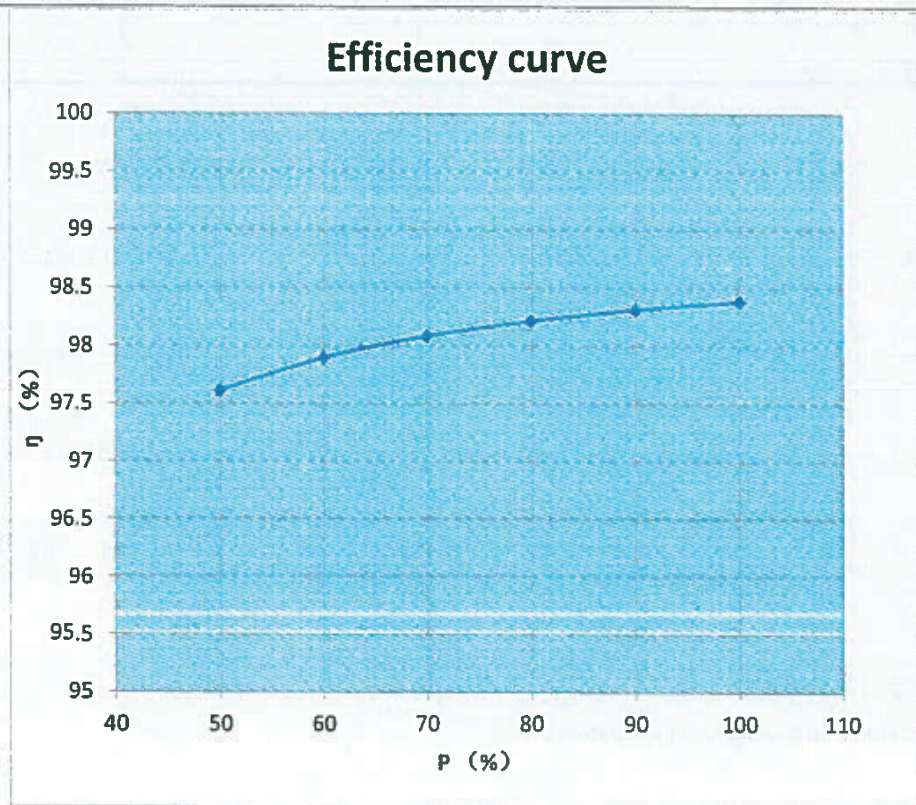


图 6-1 发电机效率曲线

Dibujo 6-1 Curva de eficiencia de prueba

6.10 试验结果 Resultado de prueba

表6-30 发电机的损耗测量值

Tabla 6-30 Medición de pérdida de generador

符号 Símbolo	项目 Ítem	损耗 Pérdida (kW)
$P_{fr+vent}$	通风损耗 Pérdida por ventilación	459.42
P_{FE}	铁耗 Pérdida en el núcleo del estator	220.85
P_{cu}	定子铜耗 Pérdida de cobre del estator	216.96
P_{st}	杂散损耗 Pérdidas varias	142.75



厄瓜多尔米纳斯电站 1#发电机损耗和效率试验报告

Reporte de la prueba de eficiencia y pérdida de generador de unidad 1 del Proyecto Hidroeléctrico Minas de Ecuador

No./REV.: 0EA.122.4175 / B

P_f	转子铜耗 Pérdida de cobre del rotor	245.07
P_{UB}	上导轴承损耗 Pérdida de cojinete de guía superior	15.09
P_{LB}	下导轴承损耗 Pérdida de cojinete de guía inferior	60.40
P_{TB}	推力轴承损耗 Pérdida de cojinete de empuje	117.91
ΔP_e	励磁系统损耗 Pérdida de sistema de excitación	9.98

表6-31 在功率因数为0.9时发电机各工况的效率测量值

Tabla 6-31 Medición de eficiencia de generador con factor de eficiencia 0.9

工况 Condición de la prueba	效率 Eficiencia
100% P_N , 90 MW, $\cos\phi 0.9$	98.37%
90% P_N , 81 MW, $\cos\phi 0.9$	98.29%
80% P_N , 72 MW, $\cos\phi 0.9$	98.20%
70% P_N , 63 MW, $\cos\phi 0.9$	98.08%
60% P_N , 54 MW, $\cos\phi 0.9$	97.88%

6.11 结论 Conclusión

发电机效率保证值为 98.3%。

在额定工况下发电机的效率实测值为 98.37%，大于合同保证值 98.3%，满足合同要求。

El valor real de la eficiencia promedio ponderada es 98.37%.

En la condición nominal el valor real de eficiencia es 98.37%, cumple con los requisitos del contrato.

7 电压波形正弦性畸变率的测试

7 7 Medición de la distorsión armónica de tensión

7.1 试验依据

7.1 Bases de la prueba